

**НАЦІОНАЛЬНИЙ ТЕХНІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ УКРАЇНИ
«КИЇВСЬКИЙ ПОЛІТЕХНІЧНИЙ ІНСТИТУТ
імені ІГОРЯ СІКОРСЬКОГО»**

Інженерно Фізичний Факультет

Ливарного виробництва чорних і кольорових металів

До захисту допущено:

Завідувач кафедри

_____ Михайло ЯМШИНСЬКИЙ

«___» _____ 2020 р.

Дипломний проєкт

на здобуття ступеня бакалавра

**за освітньо-професійною програмою «Комп'ютеризовані процеси лиття»
спеціальності 136 «Металургія»**

**на тему: «Розроблення технологічного процесу виготовлення виливка
«Кришка» із сірого чавуну та організація роботи стрижневого відділення
ливарного цеху автомобільного заводу»**

Виконав:

студент IV курсу, групи ФЛ-61-1

Осняков Іван Віталійович

Керівник:

Доцент, к.т.н., доцент,

Гурія І. М.

Консультант з економічної частини:

Ст. викладач, к.е.н.,

Нараєвський С. В.

Консультант з охорони праці:

Доцент, к.т.н., доцент,

Демчук Г. В.

Консультант з нормоконтролю:

Доцент, к.т.н., доцент,

Федоров Г. Є.

Рецензент:

Доцент, к.т.н., доцент,

Доній О. М.

Засвідчую, що у цьому дипломному
проєкті немає запозичень з праць інших
авторів без відповідних посилань.

Студент _____

Київ – 2020 року

ВІДОМІСТЬ ДИПЛОМНОГО ПРОЄКТУ

[illegible]

**Пояснювальна записка
до дипломного проєкту
на тему: «Розроблення технологічного процесу
виготовлення виливка «Кришка» із сірого чавуну та
організація роботи стрижневого відділення ливарного
цеху автомобільного заводу»**

Національний технічний університет України
«Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського»
Інженерно Фізичний Факультет

Ливарного виробництва чорних і кольорових металів
Рівень вищої освіти – перший (бакалаврський)
Спеціальність – 139 «Металургія»
Освітньо-професійна програма «Комп'ютеризовані процеси лиття»

ЗАТВЕРДЖУЮ

Завідувач кафедри

_____ Михайло ЯМШИНСЬКИЙ

«___» _____ 20__ р.

ЗАВДАННЯ

на дипломний проєкт студенту

Оснякова Івана Віталійовича

1. Тема проєкту «Розроблення технологічного процесу виготовлення виливка «Кришка» із сірого чавуну та організація роботи стрижневого відділення ливарного цеху автомобільного заводу», керівник проєкту Гурія Ірина Миранівна, к.т.н., доцент, затверджені наказом по університету від «21» __ 05 __ 2020 р. №1132-с

2. Термін подання студентом проєкту 10.06.2020р _____

3. Вихідні дані до проєкту:

3.1 Потужність 8000 тон придатних виливків на рік;

3.2 Виробництво серійне;

3.3 Деталь «Кришка» із сірого чавуну СЧ30 масою 550 кг;

3.4 Лиття у разові піщані форми;

3.5 Номенклатура литва

4. Зміст пояснювальної записки:

4.1 Аналіз виробничої програми;

- 4.2 Фонди часу та режим роботи ливарного цеху;
- 4.3 Розрахунок стрижневого відділення;
- 4.4 Розроблення технологічного процесу виготовлення виливка;
- 4.5 Проектування стрижневого устаткування;
- 4.6 Енергетичний розділ;
- 4.7 Організаційна частина;
- 4.8 Економічний розділ;
- 4.9 Охорона праці;
5. Перелік графічного матеріалу (із зазначенням обов'язкових креслеників, плакатів, презентацій тощо)
- 5.1 Креслення плану технологічного відділення ливарного цеху ;
- 5.2 Креслення литої деталі;
- 5.3 Креслення модельної плити верху;
- 5.4 Креслення форми в складеному вигляді;
- 5.5 Креслення загального виду технологічного устаткування;
- 5.6 Техніко-економічні показники;

6. Консультанти розділів проєкту*

Розділ	Прізвище, ініціали та посада консультанта	Підпис, дата	
		завдання видав	завдання прийняв
Економічна частина	к.е.н., ст. викладач, Нараєвський С.В.		
Охорона праці	к.т.н., доцент, Демчук Г.В.		
Нормоконтроль	к.т.н., доцент, Федоров Г.Є.		

7. Дата видачі завдання 13.04.2020

Календарний план

№ з/п	Назва етапів виконання дипломного проєкту	Термін виконання етапів проєкту	Примітка
1	Переддипломна практика	13.04.2020-17.05.2020	
2	Аналіз виробничої програми	до 24.05.2020	
3	Фонди часу та режим роботи ливарного цеху	до 26.05.2020	
4	Розрахунок стрижневого відділення	до 29.05.2020	
5	Розроблення технологічного процесу виготовлення виливка	до 01.06.2020	
6	Проектування стрижневого устаткування	до 03.06.2020	
7	Енергетичний розділ	до 04.06.2020	
8	Організаційна частина	до 0.6.06.2020	
9	Економічний розділ	до 0.8.06.20	
10	Охорона праці	08.06.2020	
11	Рецензування проєкту	08.06.2020	
12	Захист	18.06.2020	

Студент

Осняков І.В.

Керівник

Гурія І.М.

РЕФЕРАТ

Дипломний проект: 74 с., 38 табл., 7 рис..

Об'єкт проектування – процес проектування стрижневого відділення ливарного цеху потужністю 8000 тон придатних виливків за рік із чавуну марок СЧ30 та ВЧ 400-5, розроблення технології виготовлення виливка «Кришка» масою 550 кг із чавуну марки СЧ30 литтям у разові об'ємні піщано-смоляні форми.

Предмет проектування – організація роботи стрижневого відділення ливарного цеху та технологія виготовлення виливка.

Результати проектування – виконано технічне планування стрижневого відділення та стрижневого устаткування, розроблено технологію виготовлення виливка.

Попередні розрахунки економічних показників прийнятих проектних рішень свідчать про економічну доцільність використання запропонованого процесу.

Проведено аналіз шкідливих та небезпечних виробничих факторів у стрижневому відділенні. Розроблено заходи щодо створення безпечних умов для робітників, які працюють у спроектованому відділенні.

ВИЛИВОК, КРИШКА, ЧАВУН, ПІЩАНО-СМОЛЯНА ФОРМА, ОПОКА, СТРИЖНЕВЕ ВІДДІЛЕННЯ, ПІСКОДУВНА СТРИЖНЕВА МАШИНА.

					ФЛ61.61103.1110.0000 ПЗ						
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата							
Розроб.		Осняков І.В.			РЕФЕРАТ			Літ.	Аркуш	Аркушів	
Перевір.		Гурія І.М.							7	74	
								КПІ ім. Ігоря Сікорського			
Н. Контр.		Федоров Г.Є.									
Затв.											

ABSTRACT

Diploma project: 74 p., 38 tab., 7 fig..

Designing object – the process of designing the rod department of the foundry with a capacity of 8000 tons of suitable castings per year from cast iron brands SC30 and HF 400-5, development of technology for casting "Cover" weighing 550 kg from cast iron brand SC30 cast in single volume sand-resin forms.

Designing subject – work organization of the foundry rod department and mold technology.

Design results – technical planning of the rod compartment and rod equipment are performed, the technology of casting production is developed.

Preliminary calculations of economic indicators of the design decisions demonstrate the economic advisability of the proposed process.

The analysis of harmful and dangerous production factors in the molding department. Developed measures to create safe conditions for the workers who work in the department projected.

CASTING, COVER, CAST IRON, SAND-RESIN FORM, MOLD, ROD DEPARTMENT, DISCONNECTING ROD MACHINE.

					ФЛ61.61103.1110.0000 ПЗ			
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата	ABSTRACT			
Розроб.	Осняков І.В.							
Перевір.	Гурія І.М.							
Н. Контр.	Федоров Г.Є.							
Затв.					КПІ ім. Ігоря Сікорського			
					Літ.	Аркуш	Аркушів	
						8	74	

ЗМІСТ

ВСТУП.....	12
1 АНАЛІЗ ВИРОБНИЧОЇ ПРОГРАМИ.....	13
1.1 Виробнича програма	13
1.2 Тип і структура ливарного цеху	15
2 ФОНДИ ЧАСУ ТА РЕЖИМ РОБОТИ ЛИВАРНОГО ЦЕХУ	17
3 РОЗРАХУНОК СТРИЖНЕВОГО ВІДДІЛЕННЯ.....	19
3.1 Визначення обсягів виробництва стрижневого відділення	19
4 РОЗРОБЛЕННЯ ТЕХНОЛОГІЧНОГО ПРОЦЕСУ ВИГОТОВЛЕННЯ	
ВИЛИВКА	23
4.1 Загальна характеристика литої деталі	23
4.2 Аналіз можливих способів виготовлення виливка	24
4.3 Обґрунтування положення моделі у формі та вибір площини рознімання	
моделі і форми.....	24
4.4 Усадка виливка	25
4.5 Припуски на механічне оброблення поверхонь виливка	25
4.6 Вибір меж стрижнів та розмірів знаків	26
4.7 Розрахунок розмірів опок	27
4.8 Характеристика вибраних опок	29
4.9 Обґрунтування вибраної конструкції ливникової системи й місця підведення	
металу у форму.....	29
4.10 Розрахунок площ елементів ливникової системи	30
4.11 Вибір формувальної та стрижневої суміші	33
4.11.1 Обґрунтування вибору складу сумішей	33
4.11.2 Рецептатура та властивості суміші	34
4.11.3 Методи запобігання утворенню пригару	34
4.11.4 Технологія приготування сумішей та фарб	35

					ФЛ61.61103.1110.0000 ПЗ							
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата								
Розроб.		Осняков І.В.			ЗМІСТ				Літ.	Аркуш	Аркушів	
Перевір.		Гурія І.М.									9	74
									КПІ ім. Ігоря Сікорського			
Н. Контр.		Федоров Г.Є.										
Затв.												

4.12	Характеристика модельного комплекту	35
4.12.1	Обґрунтування вибраного матеріалу	35
4.12.2	Особливості конструкції моделей	36
4.12.3	Галтелі, знаки, марки фарб і колір фарбування моделей	36
4.13	Опис технології виготовлення виливка	37
4.13.1	Порядок виконання операцій при формуванні, складанні заливанні та вибивання форми	37
4.13.2	Устаткування та інструменти	38
4.13.3	Технологія виготовлення стрижнів	38
4.13.4	Фінішні операції	39
4.13.5	Можливі дефекти виливка	40
4.14	Розрахунок піднімальної сили	40
4.15	Розрахунок витрат формувальних та стрижневих матеріалів	42
4.16	Вихід придатного литва	43
5	ПРОЕКТУВАННЯ СТРИЖНЕВОГО ОСНАЩЕННЯ.....	45
5.1	Робота машини.....	45
5.2	Розрахунок піскодуючої стрижневої машини.....	45
6	ЕНЕРГЕТИЧНИЙ РОЗДІЛ.....	50
7	ОРГАНІЗАЦІЙНА ЧАСТИНА.....	52
7.1	Розрахунок чисельності основних та допоміжних робітників.....	52
7.2	Розрахунок фондів заробітної плати.....	54
8	ЕКОНОМІЧНИЙ РОЗДІЛ.....	56
8.1	Визначення обсягів капітальних вкладень в цех, що проектується.....	56
8.2	Розрахунок показників економічної ефективності.....	60
9	ОХОРОНА ПРАЦІ.....	63
9.1	Загальна характеристика умов праці в стрижневому відділенні.....	63
9.2	Оцінка умов праці.....	64
9.2.1	Механізми і вироби, що рухаються. Вібрація та шум.....	65
9.2.2	Хімічна небезпека.....	65

9.2.3 Електронбезпека.....	67
9.3 Висновки до розділу.....	68
ВИСНОВКИ.....	69
ПЕЛІК ПОСЛАНЬ.....	70

					ФЛ61.61103.1110.0000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		10

ВСТУП

Дипломний проект є завершальним етапом навчання за освітньо-кваліфікаційним рівнем підготовки «бакалавр». Його метою є поглиблення і закріплення набутих теоретичних знань і їх практичного застосування для інженерного вирішення реальних питань і проблем на виробництві, у науково-дослідних, конструкторсько-технологічних або проектних установах, вивчення технологічних процесів, устаткування, технологічної і проектно-конструкторської документації, структури керування підприємством, економічних показників, систем охорони праці, екологічних заходів, а також збирання і підготовка матеріалів, необхідних для виконання дипломного проекту.

					ФЛ61.61103.1110.0000 ПЗ				
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата					
Розроб.		Осняков І.В.			Вступ		Літ.	Аркуш	Аркушів
Перевір.		Гурія І.М.						12	74
							КПІ ім. Ігоря Сікорського		
Н. Контр.		Федоров Г.Є.							
Затв.									

1 АНАЛІЗ ВИРОБНИЧОЇ ПРОГРАМИ

1.1 Аналіз виробничої програми

Виробнича програма є основою для розроблення технологічного відділення ливарного цеху.

Виробнича програма ливарного цеху складається з завдання на робочий рік, згідно з яким цех випускатиме 8000 тон придатних виливків на рік. Даний цех призначений для виробництва чавунних виливків для автомобілей.

Даний цех відноситься до цехів серійного виробництва з номенклатурою виливків до 200 найменувань і серійністю не менше 1000 штук на рік. Номенклатура виливків представлена в таблиці 1.1.

Для виконання річної програми необхідно визначити кількість виливків, яку цех вироблятиме протягом року. Щоб визначити річну кількість виливків використовуємо формулу (1.1):

$$N = \frac{p}{\sum_{i=1}^n m_i} \quad (1.1)$$

де N –кількість виливків, яку виробляє цех протягом року, шт;

p – потужність цеху, p= 8000 тон на рік;

m_i – маса металу для виготовлення і-го виробу, т.

Підставивши дані до формули (1.1) отримуємо:

$$N = \frac{8000}{5,0235} \approx 1593 \text{ шт.}$$

Розбиваємо номенклатуру виливків на дві масові групи:

1 – виливки масою від 10 до 50 кг;

2 – виливки масою від 70 до 660 кг.

					ФЛ61.61013.1110.0000 ПЗ						
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата	АНАЛІЗ ВИРОБНИЧОЇ ПРОГРАМИ				Літ.	Аркуш	Аркушів
Розроб.		Осняков І.В.									
Перевір.		Гурія І.М.								13	74
									КПІ ім. Ігоря Сікорського		
Н. Контр.		Федоров Г.Є.									
Затв.											

Таблиця 1.1 – Номенклатура виливків ливарного цеху.

Індекс позиції	Код деталі	Найменування деталі	Матеріал	Маса виливка	Кількість виливків на виріб, шт	Режим ТО
1	ФЛ6101	Зірочка1	СЧ30	10,0	6	нормалізація 875 °С
2	ФЛ6102	Зірочка2	ВЧ 400-5	15,0	3	відпал 730 °С
3	ФЛ6103	Зірочка3	ВЧ 400-5	23,4	3	відпал 730 °С
4	ФЛ6104	Зірочка4	ВЧ 400-5	21,8	5	відпал 730 °С
5	ФЛ6105	Зірочка5	ВЧ 400-5	35,0	6	відпал 730 °С
6	ФЛ6106	Втулка1	ВЧ 400-5	42,0	12	відпал 730 °С
7	ФЛ6107	Втулка2	СЧ30	17,3	4	нормалізація 875 °С
8	ФЛ6108	Втулка3	СЧ30	19,5	5	нормалізація 875 °С
9	ФЛ6109	Втулка4	ВЧ 400-5	18,1	3	відпал 730 °С
10	ФЛ6110	Втулка5	ВЧ 400-5	26,2	2	відпал 730 °С
11	ФЛ6111	Втулка6	ВЧ 400-5	27,6	4	відпал 730 °С
12	ФЛ6112	Стояк1	ВЧ 400-5	16,5	1	відпал 730 °С
13	ФЛ6113	Стояк2	ВЧ 400-5	28,5	3	відпал 730 °С
14	ФЛ6114	Рама1	СЧ30	115,0	1	нормалізація 875 °С
15	ФЛ6115	Рама2	СЧ30	285,0	1	нормалізація 875 °С
16	ФЛ6116	Рама3	СЧ30	176,0	1	нормалізація 875 °С
17	ФЛ6117	Фланець1	СЧ30	70,0	1	нормалізація 875 °С
18	ФЛ6118	Фланець2	СЧ30	26,0	2	нормалізація 875 °С
19	ФЛ6119	Фланець3	СЧ30	50,0	2	нормалізація 875 °С
20	ФЛ6120	Хрестовина1	СЧ30	83,0	1	нормалізація 875 °С
21	ФЛ6121	Хрестовина2	СЧ30	96,7	1	нормалізація 875 °С
22	ФЛ6122	Державка1	ВЧ 400-5	36,0	12	відпал 730 °С
23	ФЛ6123	Державка2	ВЧ 400-5	18,0	3	відпал 730 °С
24	ФЛ6124	Державка3	ВЧ 400-5	12,0	12	відпал 730 °С
25	ФЛ6125	Державка4	ВЧ 400-5	14,5	8	відпал 730 °С
26	ФЛ6126	Плита1	ВЧ 400-5	175,4	1	відпал 730 °С
27	ФЛ6127	Плита2	ВЧ 400-5	112,5	1	відпал 730 °С
28	ФЛ6128	Диск1	ВЧ 400-5	81,3	3	відпал 730 °С
29	ФЛ6129	Диск2	ВЧ 400-5	94,2	2	відпал 730 °С
30	ФЛ6130	Диск3	ВЧ 400-5	108,9	4	відпал 730 °С
31	ФЛ6131	Кришка	СЧ30	660,0	1	нормалізація 875 °С

					ФЛ61.61103.1110.0000 ПЗ	Арк.
						14
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

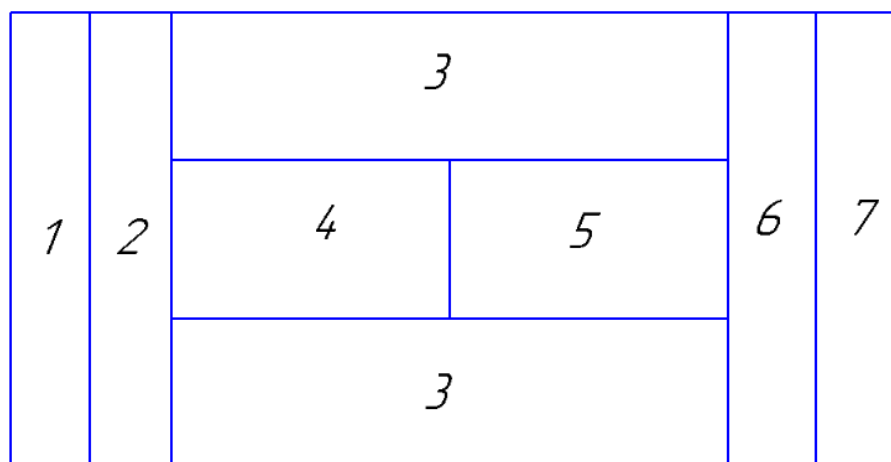
За даними табл. 1.1 і зробленого розрахунку річної кількості виробів складаємо точну виробничу програму (табл. 1.2).

Отже, якщо ливарний цех вироблятиме 1593 виробів на рік, то виробнича програма у 8000 тон на рік буде виконана.

Для виготовлення запасних частин беремо 12% від загальної маси виробничої програми – 833,8 тон.

1.2 Тип і структура ливарного цеху

Ливарний цех, що проектується має структуру, яка представлена на рис. 1.2. Така структура притаманна для цехів масового та великосерійного виробництва дрібних та середніх виливків.



1 – відділення підготовки шихтових і формувальних матеріалів; 2 – плавильне відділення; 3 – формувально-складально-заливально-вибивальне відділення; 4 – стрижшеве відділення; 5 – сумішоприготувальне відділення; 6 – відділення фінішних операцій; 7 – склад готової продукції.

Рисунок 1.1 – Схема ливарного цеху

Таблиця 1.2 – Точна виробнича програма

Індекс позиції	Найменування деталі	Матеріал виливка	Маса, кг		Кількість випусків на виріб		Річна програма випуску						
							на основні вироби		на запасні частини			всього	
			деталі	виливка	шт	кг	шт	т	%	шт	т	шт	т
Перша масова група													
1	Державка3	ВЧ 400-5	10,00	12,0	12	144	16822	201,864	12	2294	27,53	19116	229,39
2	Державка4	ВЧ 400-5	12,08	14,5	8	116	11215	162,6175	12	1529	22,17	12744	184,79
3	Зірочка2	ВЧ 400-5	12,50	15,0	3	45	4206	63,09	12	573	8,60	4779	71,69
4	Стояк1	ВЧ 400-5	13,75	16,5	1	16,5	1402	23,133	12	191	3,15	1593	26,28
5	Державка2	ВЧ 400-5	15,00	18,0	3	54	4206	75,708	12	573	10,31	4779	86,02
6	Втулка4	ВЧ 400-5	15,08	18,1	3	54,3	4206	76,1286	12	573	10,37	4779	86,50
7	Зірочка4	ВЧ 400-5	18,17	21,8	5	109	7009	152,7962	12	956	20,84	7965	173,64
8	Зірочка3	ВЧ 400-5	19,50	23,4	3	70,2	4206	98,4204	12	573	13,41	4779	111,83
9	Втулка5	ВЧ 400-5	21,83	26,2	2	52,4	2804	73,4648	12	382	10,01	3186	83,47
10	Втулка6	ВЧ 400-5	23,00	27,6	4	110,4	5607	154,7532	12	765	21,11	6372	175,87
11	Стояк2	ВЧ 400-5	23,75	28,5	3	85,5	4206	119,871	12	573	16,33	4779	136,20
12	Зірочка5	ВЧ 400-5	29,17	35,0	6	210	8411	294,385	12	1147	40,15	9558	334,53
13	Державка1	ВЧ 400-5	30,00	36,0	12	432	16822	605,592	12	2294	82,58	19116	688,18
14	Втулка1	ВЧ 400-5	35,00	42,0	12	504	16822	706,524	12	2294	96,35	19116	802,87
15	Зірочка1	СЧ30	8,33	10,0	6	60	8411	84,11	12	1147	11,47	9558	95,58
16	Втулка2	СЧ30	14,42	17,3	4	69,2	5607	97,0011	12	765	13,23	6372	110,24
17	Втулка3	СЧ30	16,25	19,5	5	97,5	7009	136,6755	12	956	18,64	7965	155,32
18	Фланець2	СЧ30	21,67	26,0	2	52	2804	72,904	12	382	9,93	3186	82,84
19	Фланець3	СЧ30	41,67	50,0	2	100	2804	140,2	12	382	19,10	3186	159,30
Друга масова група													
20	Диск1	ВЧ 400-5	67,75	81,30	3	243,9	4206	341,9478	12	573	46,58	4779	388,53
21	Диск2	ВЧ 400-5	78,50	94,20	2	188,4	2804	264,1368	12	382	35,98	3186	300,12
22	Диск3	ВЧ 400-5	90,75	108,90	4	435,6	5607	610,6023	12	765	83,31	6372	693,91
23	Плита2	ВЧ 400-5	93,75	112,50	1	112,5	1402	157,725	12	191	21,49	1593	179,21
24	Плита1	ВЧ 400-5	146,17	175,40	1	175,4	1402	245,9108	12	191	33,50	1593	279,41
25	Фланець1	СЧ30	58,33	70,00	1	70	1402	98,14	12	191	13,37	1593	111,51
26	Хрестовина1	СЧ30	69,17	83,00	1	83	1402	116,366	12	191	15,85	1593	132,22
27	Хрестовина2	СЧ30	80,58	96,70	1	96,7	1402	135,5734	12	191	18,47	1593	154,04
28	Рама1	СЧ30	95,83	115,00	1	115	1402	161,23	12	191	21,97	1593	183,20
29	Рама3	СЧ30	146,67	176,00	1	176	1402	246,752	12	191	33,62	1593	280,37
30	Рама2	СЧ30	237,50	285,00	1	285	1402	399,57	12	191	54,44	1593	454,01
31	Кришка	СЧ30	550,00	660,00	1	660,00	1402	925,32	12	191	126,06	1593	1051,38
Всього						5023,5							8002,44

2 ФОНДИ ЧАСУ ТА РЕЖИМ РОБОТИ ЛИВАРНОГО ЦЕХУ

Режим роботи ливарного цеху визначають залежно від виконання технологічних операцій в часі і просторі. Організація виробничого процесу залежить від прийнятого режиму роботи.

Найкращий варіант роботи цеху – коли всі операції виконуються одночасно на різних ділянках цеху.

Фактори, які впливають на вибір режиму роботи цеху: потужність виробництва, маса виливків. Отже в даному випадку приймаємо паралельний двозмінний режим роботи

Розраховуємо календарний фонд часу за формулою (2.1) [1]:

$$\Phi_k = P * D \quad (2.1)$$

де Φ_k – календарний фонд часу, год;

P – кількість днів у році, днів;

D – кількість годин у добі, год.

$$\Phi_k = 365 * 24 = 8760 \text{ год}$$

Номінальний фонд часу – час протягом якого може виконуватися робота за прийнятим режимом. Номінальний фонд часу розраховується за формулою (2.2):

$$\Phi_n = C * \Gamma \quad (2.2)$$

де Φ_n – номінальний фонд часу, год;

C – кількість робочих днів у році;

Γ – кількість годин залежно від кількості змін, одна зміна – 8 годин;

З урахуванням вихідних і святкових днів рік має 250 робочих днів.

При однозмінному режимі роботи:

$$\Phi_n = 250 * 8 = 2000 \text{ год}$$

					ФЛ61.61013.1110.0000 ПЗ						
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата							
Розроб.		Осняков І.В.			ФОНДИ ЧАСУ ТА РЕЖИМ РОБОТИ ЛИВАРНОГО ЦЕХУ			Літ.	Аркуш	Аркушів	
Перевір.		Гурія І.М.								17	74
Н. Контр.		Федоров Г.Є.						КПІ ім. Ігоря Сікорського			
Затв.											

При двозмінному режимі роботи:

$$\Phi_{\text{н}}=250*16=4000 \text{ год}$$

При трьохзмінному режимі роботи:

$$\Phi_{\text{н}}=250*24=6000 \text{ год}$$

Дійсний фонд часу розраховуємо за формулою (2.3)

$$\Phi_{\text{д}} = \Phi_{\text{н}} - В \quad (2.3)$$

де $\Phi_{\text{д}}$ – дійсний фонд часу, год;

$\Phi_{\text{н}}$ – номінальний фонд часу, год;

В – витрати на освоєння виробництва та непередбачувані витрати;

За умови 40-годинного робочого тижня і 4-х тижневої відпустки дійсний фонд часу для робітників становить:

$$\Phi_{\text{н}}=2000-(4*40)=1840 \text{ год}$$

Всі дані по режиму роботи цеху наведені в табл. 2.1.

Таблиця 2.1 – Режим роботи та фонди часу ливарного цеху

Індекс позиції	Найменування відділень, дільниць, тип устаткування	Кількість робочих змін на добу	Дійсний фонд часу	
			устаткування	робітників
1	Плавильне відділення з дільницею підготовки шихти	2	3760	1840
2	Формувальне відділення)	2	3600	1840
3	Сумішоприготувальне відділення з бункерами-відстійниками і бункерами вихідних матеріалів	2	3600	1840
4	Стрижневе відділення з дільницею зберігання готових стрижнів і стрижневих ящиків	2	3720	1840
5	Відділення фінішних операцій	2	2680	1840
6	Дільниця термічної обробки	3	5810	1840
7	Допоміжні відділення	2	1840	1840

3 РОЗРАХУНОК СТРИЖНЕВОГО ВІДДІЛЕННЯ

Стрижневе відділення розраховують за такою послідовністю:

- визначають виливки, для яких необхідно використовувати стрижні;
- розділяють стрижні за масовими групами і складністю ;
- визначають технологічний процес виготовлення кожної групи стрижнів;
- визначають необхідну кількість і тип устаткування;
- визначають площу складів стрижневих ящиків і стрижнів;
- розробляють планування планування відділення з урахуванням транспорту;
- визначають площу відділення.

3.1 Визначення обсягів виробництва стрижневого відділення

В умовах масового і великосерійного виробництв номенклатуру, кількість, об'єм, розміри й інші параметри стрижнів, які виготовлятимуть для виконання проектної виробничої програми випуску виливків ливарним цехом, визначають за технологічними картами або креслениками виливків.

Якщо така технологічна документація відсутня, то обсяги виробництва і орієнтовну номенклатуру стрижнів визначають за нормативами розрахункової кількості стрижнів на одну тону придатного литва.

Для визначення завантаженості основного технологічного устаткування стрижневого відділення заповнюємо таблицю 3.2, використовуючи дані з табл. 3.1

					ФЛ61.61103.1110.0000 ПЗ			
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата	РОЗРАХУНОК СТРИЖНЕВОГО ВІДДІЛЕННЯ			
Розроб.		Осняков І.В.						
Перевір.		Гурія І.М.						
Н. Контр.		Федоров Г.Є.						
Затв.					КПІ ім. Ігоря Сікорського			
					Літ.	Аркуш	Аркушів	
						19	74	

Таблиця 3.1 – Обсяг виробництва стрижневого відділення

Інд.поз	Код деталі	Найменування деталі	Річна кількість виливків, шт	Номер	Стрижні			Потреба у стрижнях, шт			Всё ого
					габаритні розміри, мм		маса , кг				
					висота	діаметр		на виливок	на річний випуск виливків	річна з урахуванням браку виливків і стрижнів	
1	ФЛ6101	Зірочка1	9558	1	130	60	0,61	1	9558	956	10514
2	ФЛ6102	Зірочка2	4779	2	125	75	0,91	1	4779	478	5257
3	ФЛ6103	Зірочка3	4779	3	145	80	1,20	1	4779	478	5257
4	ФЛ6104	Зірочка4	7965	4	135	80	1,12	1	7965	797	8762
5	ФЛ6105	Зірочка5	9558	5	220	75	1,60	1	9558	956	10514
6	ФЛ6106	Втулка1	19116	6	250	80	2,07	1	19116	1912	21028
7	ФЛ6107	Втулка2	6372	7	130	60	0,61	1	6372	637	7009
8	ФЛ6108	Втулка3	7965	8	140	65	0,77	1	7965	797	8762
9	ФЛ6109	Втулка4	4779	9	130	65	0,71	1	4779	478	5257
10	ФЛ6110	Втулка5	3186	10	160	80	1,33	1	3186	319	3505
11	ФЛ6111	Втулка6	6372	11	170	85	1,59	1	6372	637	7009
12	ФЛ6112	Стояк1	1593	12	120	65	0,66	1	1593	159	1752
13	ФЛ6113	Стояк2	4779	13	140	80	1,16	1	4779	478	5257
14	ФЛ6114	Рама1	1593	14	500	160	16,58	1	1593	159	1752
15	ФЛ6115	Рама2	1593	15	480	250	38,86	1	1593	159	1752
16	ФЛ6116	Рама3	1593	16	460	220	28,84	1	1593	159	1752
17	ФЛ6117	Фланець1	1593	17	275	140	6,98	1	1593	159	1752
18	ФЛ6118	Фланець2	3186	18	190	80	1,57	1	3186	319	3505
19	ФЛ6119	Фланець3	3186	19	240	90	2,52	1	3186	319	3505
20	ФЛ6120	Хрестовина1	1593	20	250	80	2,07	4	6372	637	7009
21	ФЛ6121	Хрестовина2	1593	21	260	90	2,73	4	6372	637	7009
22	ФЛ6122	Державка1	19116	22	160	70	1,01	1	19116	1912	21028
23	ФЛ6123	Державка2	4779	23	150	60	0,70	1	4779	478	5257
24	ФЛ6124	Державка3	19116	24	110	50	0,36	1	19116	1912	21028
25	ФЛ6125	Державка4	12744	25	130	60	0,61	1	12744	1274	14018
26	ФЛ6126	Плита1	1593	26	250	140	6,35	2	3186	319	3505
27	ФЛ6127	Плита2	1593	27	240	110	3,76	2	3186	319	3505
28	ФЛ6128	Диск1	4779	28	180	120	3,36	1	4779	478	5257
29	ФЛ6129	Диск2	3186	29	200	130	4,38	1	3186	319	3505
30	ФЛ6130	Диск3	6372	30	220	140	5,58	1	6372	637	7009
31	ФЛ6131	Кришка	1593	31	1600x660x340	592,42		1	1593	159	1752

Таблиця 3.2 – Розподіл стрижнів за групами та способом виробництва

Група стрижнів за масою	Середня маса стрижня, кг	Спосіб виготовлення	Кількість стрижнів, шт	
			за рік	на машині моделі
1	2,1	піскодувний	206775	287
2	169,1725	ручне формування	7008	-

Таблиця 3.3 – Завантаження устаткування для виготовлення стрижнів

Інд. поз	Код деталі	Найменування деталі	Номер стрижня	Кількість зйомів	Тип стрижневої машини	Кількість зйомів на годину	Необхідна кількість стрижневих	Маса стрижнів на річну програму
1	ФЛ6101	Зірочка1	1	10514	піскодувна	2,6285	1	6,4
2	ФЛ6102	Зірочка2	2	5257	піскодувна	1,31425	1	4,8
3	ФЛ6103	Зірочка3	3	5257	піскодувна	1,31425	1	6,3
4	ФЛ6104	Зірочка4	4	8762	піскодувна	2,1905	1	9,8
5	ФЛ6105	Зірочка5	5	10514	піскодувна	2,6285	1	16,9
6	ФЛ6106	Втулка1	6	21028	піскодувна	5,257	1	43,6
7	ФЛ6107	Втулка2	7	7009	піскодувна	1,75225	1	4,2
8	ФЛ6108	Втулка3	8	8762	піскодувна	2,1905	1	6,7
9	ФЛ6109	Втулка4	9	5257	піскодувна	1,31425	1	3,7
10	ФЛ6110	Втулка5	10	3505	піскодувна	0,87625	1	4,6
11	ФЛ6111	Втулка6	11	7009	піскодувна	1,75225	1	11,2
12	ФЛ6112	Стояк1	12	1752	піскодувна	0,438	1	1,2
13	ФЛ6113	Стояк2	13	5257	піскодувна	1,31425	1	6,1
14	ФЛ6114	Рама1	14	1752	ручне в-ня	0,438	1	29
15	ФЛ6115	Рама2	15	1752	ручне в-ня	0,438	1	68,1
16	ФЛ6116	Рама3	16	1752	ручне в-ня	0,438	1	50,5
17	ФЛ6117	Фланець1	17	1752	піскодувна	0,438	1	12,2
18	ФЛ6118	Фланець2	18	3505	піскодувна	0,87625	1	5,5
19	ФЛ6119	Фланець3	19	3505	піскодувна	0,87625	1	8,8
20	ФЛ6120	Хрестовина1	20	7009	піскодувна	1,75225	1	14,5
21	ФЛ6121	Хрестовина2	21	7009	піскодувна	1,75225	1	19,1
22	ФЛ6122	Державка1	22	21028	піскодувна	5,257	1	21,4
23	ФЛ6123	Державка2	23	5257	піскодувна	1,31425	1	3,7
24	ФЛ6124	Державка3	24	21028	піскодувна	5,257	1	7,5
25	ФЛ6125	Державка4	25	14018	піскодувна	3,5045	1	8,5
26	ФЛ6126	Плита1	26	3505	піскодувна	0,87625	1	22,2
27	ФЛ6127	Плита2	27	3505	піскодувна	0,87625	1	13,2
28	ФЛ6128	Диск1	28	5257	піскодувна	1,31425	1	17,6
29	ФЛ6129	Диск2	29	3505	піскодувна	0,87625	1	15,3
30	ФЛ6130	Диск3	30	7009	піскодувна	1,75225	1	39,1
31	ФЛ6131	Кришка	31	1752	ручне в-ня	0,438	1	1037,9

Кількість стрижневих машин визначають за формулою (3.1) [2]:

$$M_c = B_3 * \frac{K_n}{(\Phi_d - t) * q}, \quad (3.1)$$

де B_3 – кількість зйомів стрижнів на річну програму за масовими групами з урахуванням браку, кількості гнізд в ящику або поділення стрижня на частини, шт./рік;

K_n – коефіцієнт нерівномірності роботи машини (1,05 – 1,3);

q – продуктивність машини, зйомів/год.;

Φ_d – дійсний фонд часу роботи устаткування, год.;

t – втрати часу на зміну стрижневих ящиків за рік, год.

$$M_c = 206775 * \frac{1,25}{(3720 - 700) * 240} = 1,72$$

Таблиця 3.4 – Розрахунок кількості стрижневих машин

Група стрижнів	Дільниця стрижневого відділення	Потрібна кількість, шт				Тип стрижневої машини	Продуктивність стрижневої машини, зйомів/год	Кількість стрижневих машин		Коефіцієнт завантаження, К
		стрижнів		зйомів				розрахункова	прийнята	
		за рік	за годину	за рік	за годину					
1		206775	52	206775	52	піскодувна	45	1.72	2	0,86
2		7008	2	7008	1,75	ручне ф-ня	-	-	-	-

4 РОЗРОБЛЕННЯ ТЕХНОЛОГІЧНОГО ПРОЦЕСУ ВИГОТОВЛЕННЯ ВИЛИВКА

4.1 Загальна характеристика литої деталі

Деталь «Кришка» виготовляють із сірого чавуну марки СЧ30. Маса деталі – 550 кг, габаритні розміри – 1810х600х676 мм, маса виливка – 660 кг.

Виливок відносять до третьої групи за складністю конфігурації (виливки середньої складності), тобто до виливків відповідального призначення. За масою виливок відносять до другої групи – середні виливки (101...1000 кг).

Деталь «Кришка» має важливе призначення. Кришка в комплекті з корпусом утворює замкнену порожнину, в якій розташовані зубчасті передачі та мастильна ванна. Переважна товщина стінки 18 мм. Внутрішня порожнина виливка виконується з використанням одного стрижня. Є елементи, які неможливо виконати литтям: 38 отворів з різними діаметрами.

Даний виливок виготовляють із чавуну марки СЧ30 ГОСТ1412-85, хімічний склад та механічні властивості якого наведено в табл 4.1 та 4.2.

Таблиця 4.1 – Масова частка компонентів чавуну СЧ30 ГОСТ1412-85

Елемент	C,%	Si,%	Mn,%	P,%	S,%
Рекомендований вміст,%	3,0 – 3,2	1,3 – 1,9	0,7 – 1,0	<0,20	<0,12

Таблиця 4.2 – Механічні властивості чавуну СЧ30 ГОСТ1412-85

Властивість	Числове значення
Границя міцності на розривання, МПа	≥ 300
Твердість, НВ	250 - 260

					ФЛ61.61103.1110.0000 ПЗ								
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата									
Розроб.		Осняков І.В.			РОЗРОБЛЕННЯ ТЕХНОЛОГІЧНОГО ПРОЦЕСУ ВИГОТОВЛЕННЯ ВИЛИВКА			Літ.	Аркуш		Аркушів		
Перевір.		Гурія І.М.								23		74	
								КПІ ім. Ігоря Сікорського					
Н. Контр.		Федоров Г.Є.											
Затв.													

4.2 Аналіз можливих способів виготовлення виливка

Обираючи спосіб виготовлення виливка враховують серійність виробництва, технічні вимоги до виливка, його розміри та марку сплаву.

В одиничному, дрібносерійному й серійному виробництві виливки виготовляють литтям у піщані форми: по-сирому, у підсушені, по-сухому, у хімічно-твердні.

Враховуючи, що виливок «Кришка» відносять до середнього литва і виготовляють в умовах серійного виробництва, обираємо вид технологічного процесу лиття в піщано-смоляні холоднотвердні суміші.

При виготовленні ливарної форми використовують струшувальні машини, при виготовленні стрижнів – вібростіл. Складання та заливання форм відбувається на ливарному конвеєрі.

4.3 Обґрунтування положення моделі у формі та вибір площини рознімання моделі і форми

При виборі площини рознімання моделі (форми) керуються положеннями згідно з ГОСТ 3.1125-88.

Весь виливок розміщуємо у верхній напів-формі. Таке положення є зручним для підведення металу в порожнину ливарної форми та її повного заповнення, а також для встановлення стрижнів та зручного вилучення моделі.

Рознімання моделі і форми показують відрізком, або ламаною штрих-пунктирною лінією, яка закінчується знаком «X-X», над якою вказують позначення – МФ.

Напрямок рознімання показують суцільною основною лінією, обмеженою стрілками і перпендикулярною до лінії рознімання (рис. 4.1).

					ФЛ61.61103.1110.0000 ПЗ	Арк.
						24
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

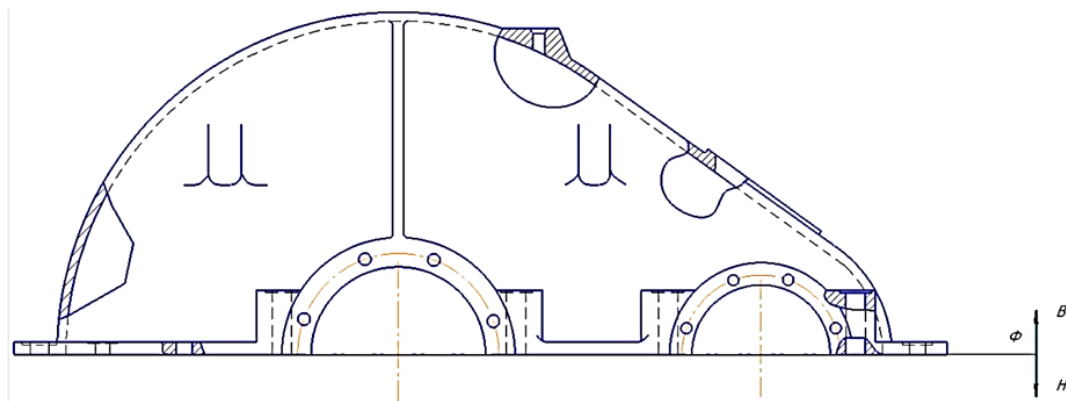


Рисунок 4.1 – Позначення лінії рознімання на кресленні

4.4 Усадка виливка

Для виливків із сірого чавуну лінійна усадка становить 0,9...1,3%, ливарна – 0,8...1,0%. Оскільки опір усадці створює один стрижень, який використовуються для відтворення внутрішньої порожнини виливка, тому приймаємо усадку виливка 1,0%.

4.5 Припуски на механічне оброблення поверхонь виливка

Величину припусків на механічне оброблення призначаємо у відповідності до вимог ГОСТ 26645-85. Вибір зводимо до табл. 4.3 та 4.4. Точність виливка 12-5-18-13 ГОСТ 26645-85.

Таблиця 4.3 – Припуски на механічне оброблення поверхонь виливка

№	Найменування	Характеристика
1	Вид технологічного процесу	Лиття у сирі форми
2	Тип сплаву	Чавун СЧ20
3	Маса виливка, кг	660
4	Найбільший габаритний розмір, мм	1810
5	Клас розмірної точності виливка	10
6	Ступінь жолоблення виливка	5
7	Ступінь точності поверхонь виливка	18
8	Клас точності маси виливка	13
9	Ряд припуску на механічне оброблення	10

Таблиця 4.4 – Припуски розмірів

Номінальний розмір, мм	600	Ø340	Ø270	124	46
Мінімальний допуск номінального розміру виливка, мм, не більше	4,4	4,0	4,9	3,2	2,4
Допуск форми та розміщення елементів виливка, мм, не більше	1,6	1,0	0,64	0,40	0,32
Загальний допуск на номінальні розміри, мм	5,6	4,0	5,0	3,2	2,4
Вид кінцевого оброблення	напівчистове	чистове	чистове	чорнове	чорнове
Припуск на механічне оброблення, мм, не більше	6,3	6,0	6,7	3,4	3,1

Значення припуску на механічне оброблення показують цифрою перед знаком шорсткості поверхні деталі.

4.6 Вибір меж стрижнів та розмірів знаків

Стрижні використовують для формування внутрішніх порожнин виливка або заглибин і виступів на ньому. Встановлення та фіксацію піщаних стрижнів у ливарній формі здійснюють за допомогою стрижневих знаків. Розміри виливка та конфігурацію отворів, що оформлюються стрижнями враховують при визначенні конфігурації та розмірів стрижневих знаків. Вибір стрижневих знаків здійснюють відповідно до вимог ГОСТ 3212-92, враховуючи розміри стрижня та виливка.

Для виконання внутрішньої конфігурації виливка «Кришка» використовують один стрижень, відповідної конфігурації. Стрижень має вертикальний знак, який виконує роль фіксатора для точного встановлення стрижня в порожнину ливарної форми. Розміри знакових частин залежать від розмірів стрижнів, за допомогою яких будуть відтворюватись порожнини у виливку.

Формувальні ухили вказані на кресленні та в табл. 4.5.

					ФЛ61.61103.1110.0000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		26

Таблиця 4.5 – Розміри стрижневих знаків, формувальні ухили та технологічні зазори

Позначення стрижня	Висота стрижневого знака, мм		Зазор , мм		Кут α	Кут β
	h_n	h_b	S_1	S_2		
Ст. 1	70	35	2,2	2,5	6	9

Стрижень та його знаки зображують суцільною тонкою лінією, а в розрізі – штрихують тільки біля контурних ліній.

Напрями ущільнення стрижнів, рознімання стрижневого ящика та виведення газів із стрижнів позначають стрілками згідно ГОСТ 3.1125-88. Також, показують сталевий дротовий каркас, який встановлюють у стрижень.

Враховуючи габаритні розміри та масу виливка, а також розміщення елементів ливникової системи, у формі розміщуємо два виливка.

4.7 Розрахунок розмірів опок

Опока – пристрій, який слугує для утримання формувальної суміші, надання їй міцності та жорсткості, виконання під'ємно-транспортних операцій. Опока включає в себе: рамку, ребра жорсткості, елементи транспортування, елементи центрування та кріплення.

Необхідні розміри опок визначають розрахунком, враховуючи розміщення виливків у формі, розміщення ливникової системи та існуючих нормативних відстаней між виливками, між виливком та стінками опоки, необхідного шару суміші над і під виливком.

Враховуючи габаритні розміри та масу виливка, а також розміщення елементів ливникової системи, у формі розміщуємо два виливка.

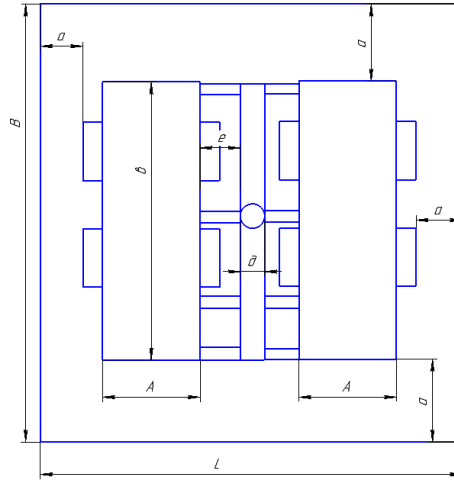


Рисунок 4.2 – Схема розміщення виливків у формі

Для середніх виливків значення необхідних для розрахунку нормативних відстаней приймаємо:

$a=80$ мм;

$d=50$ мм;

$e=30$ мм.

Довжину опоки визначаємо за формулою:

$$L = 2 \cdot a + 2 \cdot A + 2 \cdot e + d, \quad (4.1)$$

де a – відстань від виливка до стінок опоки, мм;

d – розмір живильника, мм

$$L = 2 \cdot 80 + 2 \cdot 600 + 50 + 2 \cdot 30 = 1470 \text{ мм}$$

Ширину опоки визначаємо за наступною формулою:

$$B = B + 2 \cdot a \quad (4.2)$$

де B – розрахункова ширина опоки, мм;

a – відстань від виливка до стінок опоки, мм;

b – ширина виливка, $b = 1810$ мм;

$$B = 1810 + 2 \cdot 80 = 1970 \text{ мм.}$$

Висоту нижньої визначаємо за формулою:

$$H_{\text{нижн. оп.}} = H_{\text{нижн. мод.}} + B, \quad (4.3)$$

де $H_{\text{нижн. мод.}}$ – частина моделі виливка, яка знаходиться в нижній опоці,

$$H_{\text{нижн. мод.}} = 70 \text{ мм;}$$

					ФЛ61.61103.1110.0000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		28

в – відстань від низу опоки до низу моделі, в = 75мм.

$$H_{\text{нижн. оп.}} = 70 + 75 = 145 \text{ мм}$$

Висоту верхньої опоки визначаємо за наступною формулою:

$$H_{\text{вер.оп.}} = H_{\text{вер.мод.}} + \Gamma, \quad (4.4)$$

де $H_{\text{вер.мод.}}$ – частина моделі вилівка у верхній опоці, $H_{\text{вер.мод.}} = 676 \text{ мм}$;

Γ – відстань від верху моделі до верху опоки, $\Gamma = 90 \text{ мм}$.

$$H_{\text{вер.оп.}} = 676 + 90 = 766 \text{ мм.}$$

Відповідно до ГОСТ15018-69, обираємо литі опоки з розмірами, мм:

$$l \times b \times \frac{h_{\text{в}}}{h_{\text{н}}} = 2400 \times 1600 \times \frac{800}{700}$$

4.8 Характеристика вибраних опок

Маса верхньої та нижньої опок складає 3320 та 3130 кг відповідно.

Центрування опок проводять за допомогою центрувального та напрямного штирів.

Скріплення опок проводять за допомогою скоб, а транспортування опок та готових напівформ – за допомогою цапф.

4.9 Обґрунтування вибраної конструкції ливникової системи й місця підведення металу у форму

Ливниковою системою називається чаша для прийому металу і сукупність каналів, по яких підводиться рідкий метал до порожнини форми. Ливникова система призначена для забезпечення безупинної, рівномірної і спокійної подачі рідкого металу в порожнину форми та затримання шлаку, піску й інших неметалевих вкраплень у форму.

Правильна конструкція ливникової системи є однією з важливих умов виготовлення якісного вилівка. Враховуючи розміри вилівка «Кришка», товщину його стінки та масу, застосовуємо ливникову систему з підведенням розплаву по площині рознімання.

					ФЛ61.61103.1110.0000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		29

Оскільки матеріал виливка – СЧ30, застосовуємо гальмівну ливникову систему. Формою перерізу живильника і шлаковловлювача приймаємо рівнобічну трапецію, а стояка – коло.

4.10 Розрахунок площ елементів ливникової системи

Розрахунок ливникової системи починають з визначення площі найвужчого перерізу – перерізу живильників, а потім, за прийнятими співвідношеннями визначають площі перерізу шлаковловлювача та стояка.

Площа перерізу живильників на один виливок складає [4]:

$$F_{\text{жив.лив.}} = \frac{Q_{\text{в}}}{\mu \cdot \tau \cdot 0,31 \sqrt{H_{\text{р}}}}, \quad (4.5)$$

де $Q_{\text{в}}$ – маса виливка, кг;

μ – коефіцієнт втрати, який характеризує загальний гідравлічний опір форми руху металу;

τ – тривалість заливання, с;

$H_{\text{р}}$ – розрахунковий металостатичний напір, см.

Масу виливка знайдемо за наступною формулою:

$$Q_{\text{в}} = (1,15 \dots 1,25) \cdot Q_{\text{дет}}, \quad (4.6)$$

де $Q_{\text{дет}}$ – маса деталі, $Q_{\text{дет}} = 550$ кг.

$$Q_{\text{в}} = 1,2 \cdot 550 = 660 \text{ кг.}$$

Коефіцієнт витрат μ для виливків, які заливаються в сиру форму, має значення $0,35 \dots 0,5$, приймаємо $\mu = 0,40$.

Тривалість заливання форми розраховуємо за формулою:

$$\tau = c/v, \quad (4.7)$$

де C – висота виливка в положенні при заливанні; см

v – середня швидкість підняття рівня металу в формі, см/с

$$\tau = 67,6 / 1,5 = 42,5 \text{ с}$$

					ФЛ61.61103.1110.0000 ПЗ	Арк.
						30
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Розрахунковий металостатичний напір залежить від розміщення виливка у формі та розраховується за формулою:

$$H_p = H_0 - \frac{P^2}{2 \cdot C}, \quad (4.8)$$

де H_0 – відстань від рівня металу в чаші до рівня введення в порожнину ливарної форми:

$$H_0 = H_{\text{верх.оп.}} + H_{\text{чаші}} = 800 + 100 = 900 \text{ мм}$$

P – висота частини виливка у верхній напівформі, $P = 676 \text{ мм} = 67,6 \text{ см}$;

C – висота виливка в положенні при заливанні, $C = 676 \text{ мм} = 67,6 \text{ см}$.

$$H_p = 90 - \frac{67,6^2}{2 \cdot 67,6} = 56,2 \text{ см.}$$

Отримаємо значення площі перерізу живильників на один виливок:

$$\Sigma F_{\text{жив.}} = \frac{660}{0,40 \cdot 42,5 \cdot 0,31 \cdot \sqrt{56,2}} = 16,7 \text{ см}^2$$

За конфігурацією та масою виливка приймаємо співвідношення елементів ливникової системи (на всю форму):

$$\Sigma F_{\text{жив.}} : \Sigma F_{\text{шл.}} : \Sigma F_{\text{ст.}} = 1 : 1,1 : 1,2 = 33,4 : 36,7 : 40,1 \quad (4.9)$$

де $\Sigma F_{\text{жив.}}$ – сумарний переріз живильників, см^2 ;

$\Sigma F_{\text{шл.}}$ – сумарний переріз шлаковловлювача, см^2 ;

$\Sigma F_{\text{ст.}}$ – сумарний переріз стояка, см^2 .

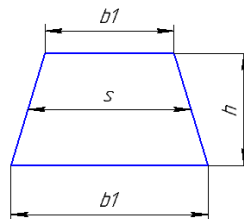


Рисунок 4.3 – Схема поперечного перерізу живильника

Висоту живильника приймаємо конструктивно, з урахуванням розмірів місця підведення металу: $h_{\text{жив.}} = 20 \text{ мм}$. Ширина живильника по середній лінії трапеції:

$$F_{\text{ж}} = \frac{\Sigma F_{\text{ж}}}{4} = 4,2 \text{ см}^2.$$

$$F_{\text{ж}} = \frac{1}{2} s * h$$

					ФЛ61.61103.1110.0000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		31

$$4,2 = \frac{1}{2} s * 2$$

$$s=4,2 \text{ см};$$

$$b_1=34 \text{ мм}$$

$$b_2=50 \text{ мм}$$

Площа поперечного перерізу шлаковловлювача дорівнює сумі поперечної площі шлаковловлювачів у формі:

$$F_{\text{шл}} = \Sigma F_{\text{шл}}, \quad (4.10)$$

$$F_{\text{шл}} = 36,7 \text{ см}^2.$$

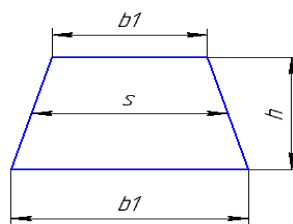


Рисунок 4.4 – Схема поперечного перерізу живильника

Приймаємо шлаковловлювач трапецієвидної форми з відповідними лінійними розмірами:

$$h_{\text{шл.}} = (2 \dots 3) * h_{\text{жив.}} \quad (4.11)$$

де $h_{\text{жив.}}$ – висота живильника, мм.

$$h_{\text{шл.}} = 2,5 * 20 = 50 \text{ мм},$$

відповідно, сторони:

$$F_{\text{шл}} = \frac{1}{2} s * h$$

$$36,7 = \frac{1}{2} s * 5$$

$$s = 73 \text{ см};$$

$$b_1 = 83 \text{ мм}$$

$$b_2 = 63 \text{ мм}$$

Визначення розмірів стояка полягає у розрахунку розміру його найтоншої частини.

					ФЛ61.61103.1110.0000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		32

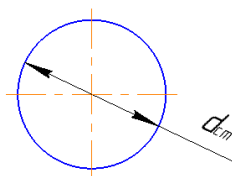


Рисунок 4.5 – Схема поперечного перерізу стояка

$$F_{cm.} = \frac{\pi \cdot d^2}{4}, \quad (4.12)$$

$$d_{cm.} = \sqrt{\frac{4 \cdot F_{ст.}}{\pi}},$$

$$d_{cm.} = \sqrt{\frac{4 \cdot 40,1}{\pi}} = 7,14 \text{ см} = 71,4 \text{ мм},$$

Випор використовуємо для виведення повітря та додаткового виведення газів з порожнини ливарної форми. Переріз випора в основі приймаємо рівним ($\frac{1}{2} \dots \frac{3}{4}$) перерізу стінки виливка. Так як товщина стінки складає 46 мм, приймаємо $d_v = \frac{46}{2} = 23 \text{ мм}$. Для одного виливка встановлюємо 1 випор.

4.11 Вибір формувальної та стрижневої суміші

4.11.1 Обґрунтування вибору складу сумішей

У ході формування виливка, яке відбувається при твердінні розплавленого металу в ливарній формі, розплав взаємодіє з поверхнею форми. У ході цієї взаємодії проходять складні механічні і фізико-хімічні процеси, які впливають на якість виливків. Таким чином, форма повинна опиратися тиску розплаву, не змінюючи своїх розмірів, витримувати високі температури, не розплавляючись, відбирати тепло з розплаву і регулювати швидкість охолодження виливка, мати пористість, яка забезпечить вихід газів з порожнини форми, і запобігати утворенню газових раковин та не вступати в хімічну взаємодію з металом і газами.

					ФЛ61.61103.1110.0000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		33

4.11.2 Рецептатура та властивості суміші

На вибір складу формувальної та стрижневої суміші впливає спосіб формування та вид сплаву, який заливається в порожнину ливарної форми.

Для виготовлення форм і стрижнів обираємо холоднотвердну суміш. Як зв'язувальний компонент використовуємо смолу БС-40, яка є продуктом конденсації карбаміду з формальдегідом модифікованим фуриловим спиртом [3]. Склад та властивості вибраної суміші заносимо в табл. 4.6.

Таблиця 4.6 – Склад та властивості ХТС зі смолами

Склад ХТС, мас. %			Властивості			
марка смоли	вміст смоли у суміші	затверджувач H_3PO_4	живучість, хв.	міцність при розриванні через 1 год. МПа	міцність при розриванні через 24 год. МПа	час твердіння, хв.
БС-40	1,8...2,0	0,6...0,8	5...10	0,15...0,20	0,8...1,0	до 40

Кварцовий пісок, який використовуємо у суміші як наповнювач вибираємо за ГОСТ 2138-91.

4.11.3 Методи запобігання утворенню пригару

Для запобігання утворенню пригару використовуємо протипригарну самовисихаючу фарбу, склад та властивості якої наведено в табл. 4.7.

Таблиця 4.7 – Склад та властивості протипригарної самовисихаючої фарби

Вогнетривка основа, %		Зв'язувальний компонент, нітролак-68, %	Розчинник уайт-спірит, %	Густина
графіт приховано-кристалічний	графіт кристалічний			
37	13	37	13	1250...1300

4.11.4 Технологія приготування сумішей та фарб

Процес приготування сумішей складається з перемішування компонентів до рівномірного розподілу їх в усьому об'ємі і покриття поверхні зв'язувальним компонентом.

Холоднотвердну суміш виготовляють у лопатевому змішувачі неперервної дії, основним компонентом якого є горизонтальний вал, що обертається у коритоподібному жолобі-корпусі. При обертанні валу лопаті, що закріплені на ньому, захвачують матеріали, що перемішуються та переміщують по окружності та вздовж корпусу змішувача. Компоненти суміші подаються в один кінець жолоба, а суміш видається через вікно на іншому його кінці.

Для приготування протипригарних фарб використовують механічний фарбозмішувач (частота обертання – 120 об/хв) та проводять наступні операції:

- готують рідку композицію з розчину зв'язувального компонента, суспензувальних та інших речовин, які утворюють колоїдний розчин;
- вводять наповнювач, і ретельно перемішуючи, додають решту розчинника, щоб досягти необхідної густини фарби.

4.12 Характеристика модельного комплекту

4.12.1 Обґрунтування вибраного матеріалу

Для виготовлення модельного комплекту вилівка «Кришка» використовуємо алюмінієвий сплав марки АК7 ДСТУ 2839-94.

Порівняно з дерев'яними, вони довговічніші, мають значно вищу міцність, сталість розмірів, точність, гладку робочу поверхню, не деформуються під час зберігання та досить легко оброблюються.

Такі модельні комплекти доцільно використовувати для серійного та масового виробництва, при використанні машинної формовки.

					ФЛ61.61103.1110.0000 ПЗ	Арк.
						35
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

4.12.2 Особливості конструкції моделей

До складу модельного комплекту входить:

- модельна плита – 1 шт.;
- модель виливка з відокремлюваними частинами – 2 шт.;
- моделі елементів ливникової системи: 4 живильника, 1 шлаковловлювач, 1 стояк, 2 випори;
- стрижневий ящик – 1 шт.

Робочі розміри моделей виливка:

$$\alpha = l_p \cdot (1 + Y/100), \quad (4.13)$$

де l_p – розмір деталі, мм

Y – усадка виливка, %

$$\alpha_1 = 1810 \cdot (1 + 1,0/100) = 1828,1 \text{ мм};$$

$$\alpha_2 = 600 \cdot (1 + 1,0/100) = 606 \text{ мм};$$

$$\alpha_3 = 676 \cdot (1 + 1,0/100) = 682,7 \text{ мм}.$$

Моделі виливків кріпляться до модельної плити болтами і штифтами, а моделі елементів ливникової системи – лише болтами.

4.12.3 Галтелі, знаки, марки фарб і колір фарбування моделей

Усі переходи між собою пересічними поверхнями плавні, мають галтелі, радіусом 8...10 мм (для моделей). Галтелі стрижневих ящиків мають радіус 4...5 мм.

Стрижневі знаки моделі виконуємо у відповідності з розмірами, вказаними в табл. 4.5 з дотриманням вимог ГОСТ 3212-92.

Готові моделі фарбуємо у відповідності до ГОСТ 3212-92:

- у червоний колір – модельний комплект, що використовується для виготовлення виливків з чавуну;
- у чорний колір – поверхні стрижневих знаків та інших частин, що не заливаються.

					ФЛ61.61103.1110.0000 ПЗ	Арк.
						36
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

4.13 Опис технології виготовлення виливка

4.13.1 Порядок виконання операцій при формуванні, складанні, заливанні та вибиванні форм

Так як виливок «Кришка» відноситься до середнього литва, раціонально виготовляти форми на струшувальній формувальній машині з допресуванням і без перевертання напівформ. Послідовність виготовлення та заливання форми буде наступною:

- модельні плити верху та низу із закріпленими на них моделями виливків та елементів ливникової системи встановлюють на плиту формувальної машини;
- встановлюють опоки, центрують та фіксують їх відносно модельних плит;
- поверхню моделей та модельних плит покривають розділовим покриттям;
- заповнюють опоки ХТС;
- вмикають режим струшування, відбувається ущільнення суміші;
- підводять пресову траверсу в робочий стан;
- здійснюють допресовування верхніх шарів півформи;
- зрізають надлишок суміші;
- піднімають штифти для вилучення моделей;
- вилучають моделі;
- повертають траверсу у вихідний стан;
- повертають штифти у вихідний стан;
- кантують півформу низу;
- транспортують півформи на дільницю складання форм;
- проставляють у нижню півформу стрижні;
- встановлюють напрямівні та центрувальні штирі;
- накривають нижню півформу верхньою;
- скріплюють півформи скобами;

					ФЛ61.61103.1110.0000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		37

- встановлюють на форму ливникову чашу-нарощувалку та випори;
- транспортують форму на ділянку заливання;
- заливають форму чавуном марки СЧ30 з чайникового ковша за температури $\approx 1400-1450\text{ }^{\circ}\text{C}$;
- охолоджують залиті форми на ділянці охолодження до температури виливка $\approx 400\text{ }^{\circ}\text{C}$;
- вибивають форми на інерційній вибивній ґратці на вибивальній ділянці.

4.13.2 Устаткування та інструменти

У ході виготовлення форм та стрижнів використовуємо: струшувальну формувальну машину з допресуванням і без перевертання півформ моделі 267М для виготовлення форм, вібраційний стіл ВС2500 для виготовлення стрижнів, лопатевий змішувач безперервної дії 19611 для приготування сумішей, фарбозмішувач для приготування протипригарної фарби, вибивна ґратка моделі 31213.

4.13.3 Технологія виготовлення стрижнів

Для повного відтворення внутрішньої конфігурації виливка застосовуємо один стрижень, який відноситься до V класу – крупні стрижні.

Послідовність виготовлення стрижня:

- робочі поверхні стрижневого ящика покривають розділовим покриттям;
- встановлюють каркас;
- заповнюють стрижневий ящик стрижневою сумішшю і ущільнюють на вібраційному столі.
- витримують стрижень 30...40 хв у стрижневому ящику для твердіння суміші;

					ФЛ61.61103.1110.0000 ПЗ	Арк.
						38
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

- знімають стрижневий ящик;
- фарбують стрижень протипригарною фарбою;
- витримують стрижень протягом години для висихання фарби;
- готовий стрижень транспортують на дільницю складання форм.

4.13.4 Фінішні операції

Після видалення виливків з ливарних форм їх охолоджують та передають до відділення фінішних операцій, де очищують виливки від залишків формувальної та стрижневої суміші, відокремлюють елементи ливникової системи, зачищають виливки, проводять їх термічне оброблення та контролюють якість продукції.

Для відокремлення елементів ливникової системи використовують газові різачи.

Для видалення стрижнів та очищення виливків використовують дробометальні камери. Очищення відбувається шляхом спрямовування на поверхню виливка спеціальними головками або апаратами чавунного або сталевго дробу. Висока продуктивність і якість очищення виливків досягається високою швидкістю потоку дробу (70...80 м/с), яку створюють робочим колесом ротора, що обертається зі швидкістю близько 2500 хв⁻¹.

Зачищення виливків виконують на заточувальних шліфувальних барабанах підвісного типу.

Для зняття внутрішніх напружень проводимо нормалізацію протягом 2...4 год при температурі 850-900 °С., нагрівання проводимо зі швидкістю 70...100 °С/год, охолодженням зі швидкістю 20...50°С/год до 250°С із подальшим охолодженням на повітрі.

Контроль якості виливків, який є фінальною операцією перед транспортуванням їх на склад готової продукції, складається з двох етапів – проміжного і остаточного. Проміжний контроль здійснюють у процесі очищення, обрубвання і зачищення виливків для вилучення із технологічного

					ФЛ61.61103.1110.0000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		39

потоків бракованих і дефектних виливків до термічного оброблення, а другий – для приймання виливків, які пройшли повний цикл оброблення.

4.13.5 Можливі дефекти виливка

Дефекти, які можуть утворюватися при виготовленні виливка, наведено в табл. 4.8.

Таблиця 4.8 – Можливі дефекти виливка

Дефект	Причина	Заходи щодо попередження
Невідповідність геометрії		
Стрижневий перекіс	Перекіс стрижня під час проставлення його у форму	Рівномірне опускання стрижня у знакові частини
Дефекти поверхні		
Пригар	Фізична та хімічна взаємодія матеріалу форми з металом виливка	Застосування протипригарних фарб
Несуцільності у тілі виливка		
Газова раковина	Мала газопроникність форми	Збільшити кількість газовивідних каналів
Жолоблення	Теплова взаємодія виливка з формою	Скоротити тривалість контакту рідкого металу з формою
Гарячі тріщини	Теплова взаємодія виливка з формою	Скоротити тривалість контакту рідкого металу з формою

4.15 Розрахунок піднімальної сили

Загальна піднімальна сила металу, яка діє на верхню півформу, розраховується за формулою:

$$P_{\Sigma} = k \cdot (P_{\text{впф}} + \Sigma P_{\text{сті}} + P_{\text{л.с.}}) - (G_{\text{впф}} + \Sigma G_{\text{сті}}), \quad (4.14)$$

де k – коефіцієнт, який враховує гідравлічний удар у момент закінчення заливання, $k = 1,4$;

$P_{\text{впф}}$ – сила тиску рідкого металу на верхню півформу в порожнині ливарної форми, Н;

$G_{\text{впф}}$ – вага верхньої півформи, Н;

$P_{\text{сті}}$ – Архімедова сила, що діє на і-й стрижень, Н;

$G_{\text{сті}}$ – вага і-го стрижня, Н;

$P_{\text{л.с.}}$ – сила тиску на верхню півформу в ливниковій системі, Н;

Складові формули розраховуємо за наступною методикою:

$$P_{\text{впф}} = F_{\text{г.пр.}} \cdot n \cdot \rho_{\text{м}} \cdot g \cdot h_{\text{ср}}, \quad (4.15)$$

де $F_{\text{г.пр}}$ – площа горизонтальної проекції виливка, на яку діє піднімальна сила, $F_{\text{г.пр}} = 0,246 \text{ м}^2$;

$\rho_{\text{м}}$ – щільність рідкого металу, $\rho_{\text{м}} = 7100 \text{ кг/м}^3$;

$h_{\text{ср}}$ – середній металостатичний напір, $h_{\text{ср}} = 0,526 \text{ м}$;

n – кількість виливків у формі, $n = 2$;

g – прискорення земного тяжіння, $g = 9,81 \text{ м}^2/\text{с}$.

$$P_{\text{впф}} = 0,246 \cdot 2 \cdot 7100 \cdot 9,81 \cdot 0,526 = 88660,15 \text{ Н.}$$

Розраховуємо вагу верхньої півформи:

$$G_{\text{впф}} = (m_{\text{оп}} + m_{\text{сум}}) \cdot g, \quad (4.16)$$

де $m_{\text{оп}}$ – маса верхньої опоки, кг;

$m_{\text{сум}}$ – маса суміші в верхній напівформі, кг.

$$m_{\text{сум}} = (l_{\text{оп}} \cdot b_{\text{оп}} \cdot h_{\text{оп}} - (V_{\text{в}}' + V_{\text{ст}}') \cdot n) \cdot \rho_{\text{сум}}, \quad (4.17)$$

де $l_{\text{оп}}$, $b_{\text{оп}}$, $h_{\text{оп}}$ – довжина, ширина та висота верхньої опоки, м;

$V_{\text{в}}'$ – частина б'єму виливка, що знаходиться у верхній півформі, м^3 ;

$V_{\text{ст}}'$ – частина об'єму стрижнів, які знаходяться у верхній півформі, м^3 ;

$\rho_{\text{сум}}$ – щільність формувальної суміші, $\rho_{\text{сум}} = 1650 \text{ кг/м}^3$.

$$m_{\text{сум}} = (2,4 \cdot 1,6 \cdot 0,8 - (0,21 + 0,39) \cdot 2) \cdot 1650 = 1652,4 \text{ кг.}$$

$$G_{\text{впф}} = (3320 + 1652,4) \cdot 9,81 = 48730,2 \text{ Н.}$$

					ФЛ61.61103.1110.0000 ПЗ	Арк.
						41
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Розраховуємо вагу стрижнів:

$$\Sigma G_{\text{сті}} = n \cdot V_{\text{сті}} \cdot \rho_{\text{сум}} \cdot g, \quad (4.18)$$

де $V_{\text{сті}}$ – об'єм стрижня, м^3 .

$$\Sigma G_{\text{сті.1}} = 2 \cdot 0,39 \cdot 1650 \cdot 9,81 = 12625,4 \text{ Н.}$$

Розрахуємо силу тиску на верхню півформу в ливниковій системі:

$$P_{\text{л.с.}} = (b_{\text{ж}} \cdot l_{\text{ж}} \cdot n_{\text{ж}} + b_{\text{шл}} \cdot l_{\text{шл}}) \cdot g \cdot h_{\text{м}} \cdot \rho_{\text{м}}, \quad (4.19)$$

де $b_{\text{ж}}$, $l_{\text{ж}}$ – ширина та довжина живильника, м;

$n_{\text{ж}}$ – кількість живильників у формі;

$b_{\text{шл}}$, $l_{\text{шл}}$ – ширина та довжина шлаковловлювача, м;

$h_{\text{м}}$ – металостатичний напір у ливниковій системі, м.

$$P_{\text{л.с.}} = (0,014 \cdot 0,15 \cdot 4 + 0,083 \cdot 1,0) \cdot 9,81 \cdot 7100 = 6489,4 \text{ Н}$$

Таким чином, загальна піднімальна сила:

$$P_{\Sigma} = 1,4 \cdot (88660,1 + 6489,4) - (48730,2 + 12625,4) = 47311 \text{ Н}$$

На форму необхідно встановлювати вантаж.

4.15 Розрахунок витрат формувальних та стрижневих матеріалів

Розраховуємо об'єм формувальної суміші в опоці:

$$V_{\text{фсум}} = V_{\text{ф}} - n_{\text{в}} \cdot V_{\text{в}} - V_{\text{л.с.}} - n_{\text{ст}} \cdot V_{\text{ст}}, \quad (4.21)$$

де $V_{\text{ф}}$ – об'єм форми, м^3 ;

$V_{\text{в}}$ – об'єм вилівка, м^3 ;

$V_{\text{л.с.}}$ – об'єм ливникової системи, м^3 ;

$V_{\text{ст}}$ – об'єм стрижня, м^3 ;

$n_{\text{в}}$ – кількість виливків;

$n_{\text{ст}}$ – кількість стрижнів.

					ФЛ61.61103.1110.0000 ПЗ	Арк.
						42
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

$$V_{\phi} = l_{оп} \cdot b_{оп} \cdot h_{оп} , \quad (4.22)$$

де $l_{оп}$, $b_{оп}$, $h_{оп}$ – довжина, ширина та висота верхньої і нижньої опоки, м.

$$V_{\phi} = 2,4 \cdot 1,6 \cdot (0,8 + 0,7) = 5,76 \text{ м}^3$$

$$V_B = Q_B / \rho_{ме} , \quad (4.23)$$

$$V_B = 660 / 7100 = 0,092 \text{ м}^3$$

$$V_{л.с.} = Q_{л.с.} / \rho_{ме} , \quad (4.24)$$

$$V_{л.с.} = 110 / 7100 = 0,015 \text{ м}^3$$

$$V_{ст} = 0,39 \text{ м}^3$$

$$V_{фсум} = 5,76 - 2 \cdot 0,092 - 0,015 - 2 \cdot 0,39 = 4,76 \text{ м}^3$$

Маса формувальної суміші, потрібної для виготовлення 1т придатних виливків:

$$M_{фсум} = (4,76 \cdot 1000 \cdot 1650) / (660 \cdot 2) = 5957,5 \text{ кг}$$

Кінцева маса формувальної суміші:

$$M_{фс} = M_{фсум} \cdot 1,1 = 5957,5 \cdot 1,1 = 6553,25 \text{ кг}$$

Маса стрижневої суміші на одну форму становить:

$$M_{ст.сум} = \rho_{ст.сум} \cdot n_{ст} \cdot V_{ст}, \quad (4.25)$$

$$M_{ст.сум} = 1700 \cdot 2 \cdot 0,39 = 1326 \text{ кг}$$

Маса стрижневої суміші, потрібної для виготовлення 1 т придатних виливків:

$$M_{стсум(на 1т)} = (1326 \cdot 1000) / (660 \cdot 2) = 1004,5 \text{ кг}$$

Кінцева маса стрижневої суміші :

$$M_{стсум} = M_{стсум(на 1т)} \cdot 1,1 = 1004,5 \cdot 1,1 = 1105 \text{ кг}$$

4.16 Вихід придатного литва

Технологічний вихід придатного литва:

$$ВП_{техн} = G_B \cdot 100\% / (G_B + G_{л.с.}) , \quad (4.26)$$

$$ВП_{техн} = 2 \cdot 436 \cdot 100 / 2 \cdot (436 + 72) = 90,1 \%$$

					ФЛ61.61103.1110.0000 ПЗ	Арк.
						43
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Металургійний вихід придатного литва:

$$ВП_{мет} = ((100 - У)(100 - В)(100 - Б)) ВП_{техн.} / 10^6, \quad (4.27)$$

де $У = 3 \%$ – угар чавуну при плавленні в індукційній печі;

$В = 1,5\%$ – беззворотні втрати;

$Б = 3\%$ – брак для чавунних виливків.

$$ВП_{мет} = ((100-3)*(100-1,5)*(100-3)*90,1)/10^6 = 83,5 \%$$

Знаючи металургійний вихід придатного литва, можна розрахувати масу металозавалки на 1 тонну придатного литва:

$$M_{мз} = 1000 \cdot 100\% / ВП_{мет} \quad (4.28)$$

$$M_{мз} = 1000 * 100 / 83,5 = 1197,6 \text{ кг/т.}$$

					ФЛ61.61103.1110.0000 ПЗ	Арк.
						44
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

5 ПРОЕКТУВАННЯ СТРИЖНЕВОГО УСТАТКУВАННЯ

5.1 Робота машини

Ящик з горизонтальним роз'ємом ставиться на стіл машини до упорів, фіксуючих положення ящика, при якому вдувні отвори ящика співпадають з отворами в нижній плиті резервуара, притискають ящик до резервуара і вдувають стрижневу суміш, потім звільняють ящик і знімають його зі стола машини. Притискання ящика до резервуару виконується поворотом верхньої ручки клапана управління 1, а пуск дуття – нижньою ручкою.

Ящик з вертикальним роз'ємом встановлюється між упорами 4 механізму затиску стрижневого ящика і переміщується до заднього упору 5. Упори фіксують положення ящика, при якому співпадають вдувні отвори ящика і нижньої плити резервуара. Далі виконуються ті ж самі операції, що і при набивці ящиків з горизонтальним роз'ємом [5].

5.2 Розрахунок піскодувної стрижневої машини

Визначаємо об'єм суміші, необхідний для отримання стрижнів одного знімання [6]:

$$V_{\text{см}} = \frac{G}{\delta_0}, \quad (5.1)$$

де $V_{\text{см}}$ – об'єм суміші, необхідний для отримання стрижнів одного знімання, м^3 ;

G – маса стрижневої суміші, кН ;

δ_0 – питома вага стрижневої суміші, $\delta_0 = 11 - 13 \frac{\text{кН}}{\text{м}^3}$.

					ФЛ61.61013.1110.0000 ПЗ						
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата							
Розроб.		Осняков І.В.			ПРОЕКТУВАННЯ СТРИЖНЕВОГО УСТАТКУВАННЯ			Літ.	Аркуш	Аркушів	
Перевір.		Гурія І.М.								45	74
								КПІ ім. Ігоря Сікорського			
Н. Контр.		Федоров Г.Є.									
Затв.											

$$V_{\text{см}} = \frac{0.68}{12} = 0,057 \text{ м}^3.$$

Розраховуємо об'єм робочої частини піскодувного резервуара і його розміри [6]:

$$V_p = (1,2 - 1,5) * V_{\text{см}}, \quad (5.2)$$

де V_p – об'єм робочої частини піскодувного резервуара, м^3 ;

$V_{\text{см}}$ – об'єм суміші, необхідний для отримання стрижнів одного знімання, м^3 ;

$$V_p = 1,4 * 0,057 = 0,079 \text{ м}.$$

Сумарну площу вдувних отворів $F_{\text{вд}}$ визначаємо, виходячи з розрахунку, що через кожен 1 м^2 площі вдувних отворів повинно проходити певну кількість суміші [6]:

$$F_{\text{вд}} = \frac{G}{q} \quad (5.3)$$

де $F_{\text{вд}}$ – сумарна площа вдувних отворів, м^2 ;

G – маса стрижневої суміші, кН ;

q – кількість суміші, $q = 20 - 50 \frac{\text{кН}}{\text{м}^2}$;

$$F_{\text{вд}} = \frac{0,68}{30} = 0,022 \text{ м}^2.$$

Знаходимо кількість вдувних отворів:

$$n = \frac{F_{\text{ст}}}{f}, \quad (5.4)$$

де n – кількість вдувних отворів, шт;

$F_{\text{ст}}$ – площа горизонтальної проекції стрижня (стрижнів) в плані, що визначається виходячи з габаритних розмірів стрижня, м^2 ;

f – частина площі стрижня, яка припадає на один вдувний отвір;

$$f \approx (5 - 6) * 10^{-3}, \frac{\text{м}^2}{\text{отв}};$$

$$n = \frac{0,015}{0,005} = 3,078 \approx 4 \text{ шт.}$$

					ФЛ61.61103.1110.0000 ПЗ	Арк.
						46
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Розраховуємо діаметр вдувних отворів [6]:

$$d_{\text{ВД}} = \sqrt{\frac{4 \cdot F_{\text{ВД}}}{\pi \cdot n}} \quad (5.5)$$

де $d_{\text{ВД}}$ – діаметр вдувних отворів, м;

$\frac{F_{\text{ВД}}}{n}$ – площа перерізу вдувних отворів, м²;

$$d_{\text{ВД}} = \sqrt{\frac{4 \cdot 0,022}{\pi \cdot 4}} = 0,083 \text{ м}$$

Визначаємо сумарну площу вентиляційних отворів. Вона залежить від розмірів стрижня і становить:

$\Sigma F_{\text{вент}} \geq (0,3 - 0,7)$ – для крупних стрижнів;

$\Sigma F_{\text{вент}} \geq (0,15 - 0,2)$ – для дрібних стрижнів;

Проводимо розрахунок зусилля затиску стрижневого ящика рухомим бічним упором:

$$P_{\text{заж}} = F_{\text{ст}} \cdot \rho'_0 - R_1 \quad (5.6)$$

де $P_{\text{заж}}$ – зусилля затиску стрижневого ящика рухомим бічним упором, кН;

$F_{\text{ст}}$ – площа бічної поверхні (вертикальної проекції) стрижнів у плані, м²;

ρ'_0 – тиск повітря в стрижневому ящику,

$$\rho'_0 = 0,7 - 0,9) \cdot p_0 = 0,8 \cdot 588 = 470,4 \text{ кПа.}$$

R_1 – сила тертя, що виникає при переміщенні рухомої половини стрижневого ящика відносно нерухомої.

$$P_{\text{заж}} = 0,015 \cdot 470,4 - 0,002 = 7 \text{ кН.}$$

Сила тертя визначається за формулою:

$$R_1 = 0,25 \cdot \frac{G_{\text{ящ}}}{2}, \quad (5.7)$$

де $G_{\text{ящ}}$ – вага стрижневого ящика, кН;

$$R_1 = 0,25 \cdot \frac{0,017}{2} = 0,002 \text{ кН.}$$

Вага стрижневого ящика складає:

					ФЛ61.61103.1110.0000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		47

$$G_{\text{ящ}} = \left(A * B * H \frac{G}{\rho_{\text{ст}}} \right) * \rho_{\text{ящ}}, \quad (5.8)$$

де $G_{\text{ящ}}$ – вага стрижневого ящика, кН;

A, B, H – габаритні розміри, м;

G – маса суміші, кН;

$\rho_{\text{ст}}$ – питома вага стрижневої суміші, $\frac{\text{кН}}{\text{м}^3}$;

$\rho_{\text{ящ}}$ – питома вага матеріалу стрижневого ящика, $\frac{\text{кН}}{\text{м}^3}$;

$$G_{\text{ящ}} = (0,14 * 0,14 * 0,275 * \frac{0,68}{1,65}) * 7,85 = 0,017 \text{ кН.}$$

Знаходимо діаметр поршня рухомого упору

$$d_{\text{заж}} = \sqrt{\frac{4 * P_{\text{заж}}}{\pi * p_0}} \quad (5.9)$$

де $d_{\text{заж}}$ – діаметр поршня рухомого упору, м;

$P_{\text{заж}}$ – зусилля затиску стрижневого ящика рухомим бічним упором, кН;

p_0 – тиск повітря в стрижневому ящику, 588 кПа;

$$d_{\text{заж}} = \sqrt{\frac{4 * 7}{\pi * 588}} = 0,015 \text{ м.}$$

Визначаємо зусилля притиску стрижневого ящика до піскодувного резервуару:

$$P_{\text{пр}} = F_{\text{ст}} * p'_0 + Q - R_2 \quad (5.10)$$

де $P_{\text{пр}}$ – зусилля притиску стрижневого ящика до піскодувного резервуару кН;

$F_{\text{ст}}$ – площа бічної поверхні (вертикальної проекції) стрижнів в плані, м^2 ;

p'_0 – тиск повітря в стрижневому ящику $p'_0 = (0,7 - 0,9) * p_0$, кПа;

$$p'_0 = 0,8 * 588 = 470,4 \text{ кПа;}$$

Q – вага рухомих частин машини, кН (значення Q визначається за результатами розрахунків через обсяги і питомі ваги обраних (встановлених за кресленням) конструктивних елементів стрижневий машини: притискного циліндра, стола, стрижневого ящика, стрижня, рухомого упору, нерухомого упору і т. п.);

					ФЛ61.61103.1110.0000 ПЗ	Арк.
						48
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

R_2 – сила тертя притискного поршня об стінки циліндра; $R_2 \approx 0,05 \cdot Q$, кН;

$$P_{\text{пр}} = 0,015 \cdot 470,4 + 1,96 - 0,098 = 8,91 \text{ кН}$$

Знаходимо діаметр притискного циліндра:

$$d_{\text{пр}} = \sqrt{\frac{4 \cdot P_{\text{пр}}}{\pi \cdot p_0}} \quad (5.11)$$

де $d_{\text{пр}}$ – діаметр притискного циліндра, м;

$P_{\text{пр}}$ – зусилля з притиску стрижневого ящика до піскодувного резервуару кН;

p_0 – тиск повітря в стрижневому ящику, кПа;

$$d_{\text{пр}} = \sqrt{\frac{4 \cdot 8,91}{\pi \cdot 588}} = 0,13 \text{ м.}$$

					ФЛ61.61103.1110.0000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		49

6 ЕНЕРГЕТИЧНИЙ РОЗДІЛ

Обсяг витрат електроенергії визначають на підставі вибору і розрахунку кількості технологічного обладнання, використання його встановленої потужності при запланованому режимі роботи [7]:

$$\mathcal{E} = M\Phi_0\eta_{36}K_1K_2 \quad (6.1)$$

де M – встановлена потужність обладнання, кВт;

Φ_0 – річний фонд часу роботи обладнання, год.;

η_{36} – коефіцієнт завантаження обладнання;

K_1 – коефіцієнт одночасності роботи (приймається рівним: для електричних печей – 0,6; для електродвигунів – 0,3; для генераторів високочастотного нагріву – 0,8);

K_2 – коефіцієнт використання потужності (приймається рівним 0,7).

$$\mathcal{E} = 1,1 \cdot 3720 \cdot 0,5 \cdot 0,3 \cdot 0,7 = 589,3 \text{ кВт} \cdot \text{год}$$

Витрати енергії на освітлення розраховують за формулою [7]:

$$Q = \frac{Sq\tau f}{1000} \quad (6.2)$$

де S – освітлювальна площа, м²;

q – поверхнева густина теплового потоку, Вт/м²;

τ – число годин горіння на рік;

f – коефіцієнт одночасного горіння.

Величину q зазвичай приймають: для виробничих приміщень – 11...15 Вт/м², для побутових і службових приміщень – 10 Вт/м².

Залежно від тривалості освітлювального періоду значення τ приймають рівним: для двозмінної роботи – 2500 год, для тризмінної роботи – 4700 год.

					ФЛ61.61013.1110.0000 ПЗ			
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата				
Розроб.		Осняков І.В.			ЕНЕРГЕТИЧНИЙ РОЗДІЛ	Літ.	Аркуш	Аркушів
Перевір.		Гурія І.М.					50	74
						КПІ ім. Ігоря Сікорського		
Н. Контр.		Федоров Г.Є.						
Затв.								

Коефіцієнт, який враховує одночасність горіння ламп, приймають: для виробничих прогонів – 0,8; для побутових та службових приміщень – 0,7; для підвалів – 0,9.

$$Q = \frac{588 \cdot 13 \cdot 2500 \cdot 0,8}{1000} = 15288 \text{ кВт} \cdot \text{год}$$

Таблиця 6.1 – Витрати електроенергії на роботу технологічного обладнання

Найменування споживача струму	Кількість споживачів	Потужність, кВт	Фонд робочого часу на рік, год	Коефіцієнт завантаженості	Коефіцієнт одночасності	Коефіцієнт використання потужності	Річні витрати електроенергії, кВт·год
електродвигун	1	1,1	3720	0,5	0,3	0,7	589,3
Усього витрат, кВт·год							589,3

Таблиця 6.2 – Витрати електроенергії на освітлення

Найменування споживача	Освітлювальна площа, м ²	Поверхнева щільність теплового потоку, Вт/м ²	Кількість годин горіння на рік, год	Коефіцієнт одночасності горіння	Річні витрати електроенергії, кВт·год
Газорозрядна лампа	588	13	2500	0,8	15288
Усього витрат, кВт·год					15288

7 ОРГАНІЗАЦІЙНА ЧАСТИНА

7.1 Розрахунок чисельності основних та допоміжних робітників

Чисельність основних робітників визначаємо за нормами обслуговування основного технологічного устаткування.

Плановий час роботи одного працівника за рік розраховуємо шляхом складання балансу робочого часу. Цей розрахунок представлений у табл. 7.1 [7].

Таблиця 7.1 – Плановий баланс робочого часу за рік

Індекс	Найменування витрат часу	Кількість днів
1	Кількість номенклатурних днів за рік	365
2	Неробочі дні, у тому числі:	114
2.1	Загальнодержавні та релігійні свята	10
2.2	Вихідні	104
3	Режимний час підприємства	250
4	Витрати робочого часу працівників, у тому числі:	38
4.1	Хвороба	12
4.2	Чергові та додаткові відпустки	24
4.3	Невиходи з дозволу адміністрації	1
4.4	Скорочення робочого часу матерям, підліткам та інш	1
5	Плановий фонд роботи, за рік, днів	210

На підставі балансу робочого часу визначаємо обліковий склад робітників, який в свою чергу розраховується за допомогою коефіцієнта облікового складу $K_{обл}$ [70]:

$$K_{обл} = \frac{\Phi_{реж}}{\Phi_{пл}} \quad (7.1)$$

де $\Phi_{реж}$ – режимний річний фонд роботи підприємства, днів;

$\Phi_{пл}$ – плановий фонд роботи працівника за рік, днів.

$$K_{обл} = \frac{250}{210} = 1,19.$$

					ФЛ61.61013.1110.0000 ПЗ						
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата							
Розроб.		Осняков І.В.			ОРГАНІЗАЦІЙНА ЧАСТИНА			Літ.	Аркуш	Аркушів	
Перевір.		Гурія І.М.								52	74
Н. Контр.		Федоров Г.Є.						КПІ ім. Ігоря Сікорського			
Затв.											

Чисельність управлінського персоналу встановлюємо виходячи із структури управління ливарним цехом.

Загальна чисельність робітників в цеху приведена в таблиці

Таблиця 7.2 – Загальна чисельність робітників

Професія, спеціальність, посада	Кваліфікація, розряд	Явочний штат		разом	Коефіцієнт облікового складу	Обліковий склад
		1-а	2-а			
1	2	3	4	5	6	7
Основні робітники						
Шихтувальник	4	1	1	2	1,19	2
Плавильник	4	2	2	4	1,19	4
Заливальник	4	2	2	4	1,19	4
Стрижнювальник	4	3	3	6	1,19	6
Вибивальник	3	2	2	2	1,19	4
Сумішоприготувач	4	2	-	2	1,19	2
Обрубник	3	2	2	4	1,19	5
Терміст	4	1	1	2	1,19	2
Шліфувальник	3	1	1	2	1,19	2
Разом		16	14	28		31
Допоміжні робітники						
Крановик	4	2	2	4	1,19	4
Вантажник	3	1	1	2	1,19	2
Сортувальник	3	1	1	2	1,19	2
Комірник	3	1	1	2	1,19	2
Різноробочий	3	1	1	2	1,19	2
Слюсар по ремонту тех. уст.	4	1	1	2	1,19	2
Слюсар по ремонту плав. уст.	5	1	1	2	1,19	2
Електромонтер	4	1	1	2	1,19	2
Прибиральник	-	2	-	2	1,19	2
Разом		11	9	20		20
Управлінський персонал						
Начальник цеху	-	1	-	1	1,19	1
Заст.. начальник цеху	-	1	-	1	1,19	1
Начальник ділянки	-	2	-	2	1,19	2
Старший майстер	-	1	1	2	1,19	2
Майстер	-	1	1	2	1,19	2
Разом		6	2	8		8

7.2 Розрахунок фондів заробітної плати

Витрати на оплату праці складаються з основної заробітної плати, додаткової заробітної плати, інших заохочувальних та компенсаційних витрат.

Таблиця 7.3 – Розрахунок фондів заробітної плати основних та допоміжних робітників

Професія, спеціальність, посада	Тарифна ставка, грн	Плановий фонд роб., год	Основна заробітна плата, осіб	Премія, 20%	Особливі умови, 12%	Відпустка, 12%	Інші, 10%	Разом додаткова зарплата
1	2	3	4	5	6	7	8	9
Основні робітники								
Шихтувальник	36,0	1680,0	120804,4	24160,9	14496,5	14496,5	12080,4	65234,4
Плавильник	36,0	1680,0	241608,9	48321,8	28993,1	28993,1	24160,9	130468,8
Заливальник	36,0	1680,0	241608,9	48321,8	28993,1	28993,1	24160,9	130468,8
Стрижнювальник	36,0	1680,0	362413,3	72482,7	43489,6	43489,6	36241,3	195703,2
Вибивальник	33,4	1680,0	224487,0	44897,4	26938,4	26938,4	22448,7	121223,0
Сумішо-приготувач	36,0	1680,0	120804,4	24160,9	14496,5	14496,5	12080,4	65234,4
Обрубник	33,4	1680,0	280608,7	56121,7	33673,0	33673,0	28060,9	151528,7
Терміст	36,0	1680,0	120804,4	24160,9	14496,5	14496,5	12080,4	65234,4
Шліфувальник	33,4	1680,0	112243,5	22448,7	13469,2	13469,2	11224,3	60611,5
Разом			1825383,5	365076,7	219046,0	219046,0	182538,4	985707,1
Допоміжні робітники								
Крановик	36,0	1680,0	241608,9	48321,8	28993,1	28993,1	24160,9	130468,8
Вантажник	33,4	1680,0	112243,5	22448,7	13469,2	13469,2	11224,3	60611,5
Сортувальник	33,4	1680,0	112243,5	22448,7	13469,2	13469,2	11224,3	60611,5
Комірник	33,4	1680,0	112243,5	22448,7	13469,2	13469,2	11224,3	60611,5
Різноробочий	33,4	1680,0	112243,5	22448,7	13469,2	13469,2	11224,3	60611,5
Слюсар по ремонту тех. уст.	36,0	1680,0	120804,4	24160,9	14496,5	14496,5	12080,4	65234,4
Слюсар по ремонту плав. уст.	33,7	1680,0	113194,7	22638,9	13583,4	13583,4	11319,5	61125,1
Електромонтер	33,7	1680,0	113194,7	22638,9	13583,4	13583,4	11319,5	61125,1
Разом			1037776,7	207555,3	124533,2	124533,2	103777,7	560399,4

Заробітна плата управлінського персоналу вираховується без розподілу її на основну та допоміжну [7].

					ФЛ61.61103.1110.0000 ПЗ	Арк.
						54
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Таблиця 7.4 – Розрахунок фонду заробітної плати управлінського персоналу

Посада	Місячний посад. оклад, грн	Чисельність осіб	Загальний річний фонд зар. плати, грн
Начальник цеху	20000	1	240000
Заст. начальник цеху	18000	1	216000
Начальник дільниці	15000	2	360000
Старший майстер	14000	2	336000
Майстер	13000	2	312000
Прибиральник	9000	2	216000
Разом			1680000

Загальний фонд заробітної плати складає:

$1825383,5 + 985707,1 + 1037776,7 + 60399,4 + 1680000 = 22019266,7$ грн

8 ЕКОНОМІЧНИЙ РОЗДІЛ

8.1 Визначення обсягів капітальних вкладень в цех, що проектується

Величина капітальних вкладень (в грн) розраховується за формулою [7]:

$$K = K_{уст} + K_{б\text{уд}} + K_{п} + K_{осн} + K_{інв} + K_{м} + K_{з} \quad (8.1)$$

де $K_{уст}$ – капітальні вкладення в необхідне устаткування;

$K_{б\text{уд}}$ – капіталовкладення в будівлі;

$K_{п}$ – капітальні вкладення в прилади і споруди;

$K_{осн}$ – капіталовкладення в оснащення;

$K_{інв}$ – капіталовкладення в інвентар;

$K_{м}$ – капіталовкладення в запаси матеріалів, палива, напівфабрикатів;

$K_{з}$ – капіталовкладення в заділи;

Капітальні вкладення в необхідне обладнання (в грн) розраховують за формулою [7]:

$$K_o = K_t + K_{пр} + K_{ен} + K_{уп} \quad (8.2)$$

де K_t – капіталовкладення у необхідне технологічне устаткування;

$K_{пр}$ – капіталовкладення в підйомно-транспортне убування;

$K_{ен}$ – капіталовкладення в енергоустаткування;

$K_{уп}$ – капіталовкладення в засоби управління і контролю.

Витрати на придбання, доставлена і встановлення одиниці необхідного устаткування розраховуються за допомогою наступної формули:

$$K_o = Ц(1 + a_t + a_б + a_m) \quad (8.3)$$

де $Ц$ – оптова або договірна ціна одиниці технологічного устаткування;

					ФЛ61.61013.1110.0000 ПЗ			
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата				
Розроб.		Осняков І.В.			ЕКОНОМІЧНИЙ РОЗДІЛ	Літ.	Аркуш	Аркушів
Перевір.		Гурія І.М.					56	74
						КПІ ім. Ігоря Сікорського		
Н. Контр.		Федоров Г.Є.						
Затв.								

a_T – коефіцієнт, що враховує транспортно-заготівельні витрати на придбання устаткування (0,05... 0,1);

a_6 – коефіцієнт, що враховує будівельні роботи (0,02...0,08);

a_M – коефіцієнт, що враховує витрати на монтажні роботи (0,05... 0,1).

Таблиця 8.1 – Розрахунок капітальних вкладень в устаткуваннях

Найменування та модель устаткування	Кількість, шт.	Вартість за од, грн.	Загальна вартість грн.	Витрати на монтаж, грн	Всього, грн
Піскодувна стрижнева машина 287	2	75000	150000	30000	180000
Вібростіл BC2500	1	10000	10000	2000	12000
Всього					192000

При розрахунку вартості транспортного устаткування на його монтаж і наладку додають витрати у розмірі 10 – 25% від його вартості.

$$K_{np} = 192000 * 0,2 = 28400 \text{ грн.}$$

Капітальні вкладення у виробничі будівлі та споруди визначаємо із площі цеху і нормативів вартості будівельних конструкцій та проводок.

Ці розрахунки заносимо до таблиці 8.2

Таблиця 8.2 – Капітальні вкладення у споруди

Елементи будівельно-монтажних робіт	Вартість, грн/м ³
1	2
1. Виробничі будівлі	
1.1. Одноповерхові	3500
2. Водопостачання виробничих приміщень	35
3. Каналізація виробничих приміщень	30
4. Електропроводка виробничих приміщень	55
5. Вентиляція виробничих приміщень	75
6. Побутові приміщення	4000
7. Водопостачання побутових приміщень	45
8. Каналізація побутових приміщень	115
9. Електропроводка побутових приміщень	60
10. Вентиляція побутових приміщень	80
11. Зовнішній благоустрій	85
12. Невраховані витрати	750
Разом	8830

Капіталовкладення у виробничі споруди дорівнюють:

$$K_{\text{заг}}=432*8830=3814560 \text{ грн}$$

Розмір обігових коштів, які необхідні для безперервної виробничої діяльності цеху, розраховуються за елементами: - виробничі запаси сировини, матеріалів; - готова продукція; - інші елементи.

Розмір капітальних вкладень у виробничі запаси матеріалів розраховано за формулою [7]:

$$K_3 = M_{\text{нл}} * \frac{n}{T_{\text{нл}}} \quad (8.4)$$

де $M_{\text{нл}}$ – суми витрат на матеріали даного різновиду у плановому періоді, грн.;

n – норма планового запасу матеріалів, днів;

$T_{\text{нл}}$ – кількість днів у плановому періоді.

Дані про суму витрат на матеріали зводимо до таблиці 8.3.

Таблиця 8.3 – сума витрат на матеріали

Назва матеріалу	Необхідний запас, кг/рік	вартість за 1 кг, грн	Вартість загальна, грн
Смола	30396	26	790296
БС-40			
Н ₃ РО ₄	10638	102	1085076
Разом:	1876372		

$$K_3 = 1876372 * \frac{20}{360} = 104187 \text{ грн}$$

Величину резервного технологічного запасу беремо у розмірі 50% від вартості оцінки планового запасу.

$$K_{3,p} = 52093 \text{ грн}$$

					ФЛ61.61103.1110.0000 ПЗ	Арк.
						58
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Сума оборотних коштів у незавершеному виробництві розраховується таким чином [7]:

$$\sum K_{у.п.в} = B_{пл} * T_{д} * \frac{K_{нв}}{T_{пл}}, \quad (8.5)$$

Де $B_{пл}$ – виробництво товарної продукції у плановому періоді по виробничою собівартістю, грн.,

$T_{д}$ – тривалість циклу виготовлення продукції, днів;

$$\sum K_{у.п.в} = 1876372 * 2 * \frac{0,8}{360} = 8340 \text{ грн.}$$

Вартість всіх інших елементів оборотних коштів складає близько 25% від вартості планового запасу матеріалів.

$$K_{ост} = 0,25 * 104187 = 26047 \text{ грн.}$$

Сумарний розмір оборотних коштів складає:

$$104187 + 52093 + 8340 + 26047 = 190667 \text{ грн.}$$

Повну собівартість одиниці продукції ($C_{п}$) розраховують як відношення повної собівартості річної програми випуску продукції ($C_{п}^{річ}$) до річного обсягу (програми) випуску продукції цехом (дільницею):

$$C_{п} = \frac{C_{п}^{річ}}{G}, \quad (8.6)$$

де G – річний обсяг (програма) випуску продукції, т/рік;

$C_{п}^{річ}$ – повна собівартість річної програми випуску продукції, грн.

$$C_{п} = \frac{11931558}{8000} = 1491 \text{ грн.}$$

Утримання та експлуатація устаткування = 150% від статті «Основна заробітна плата технологічних робітників».

$$1825383 * 1,5 = 2738074 \text{ грн.}$$

Загальновиробничі витрати = 115% від статті «Основна заробітна плата технологічних робітників».

$$1825383 * 1,15 = 2099190$$

					ФЛ61.61103.1110.0000 ПЗ	Арк.
						59
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Загальногосподарські витрати=110% від статті «Основна заробітна плата технологічних робітників».

$$1825383 \cdot 1,1 = 2099190$$

Витрати на підготовку та освоєння виробництва=45% від статті «Основна заробітна плата технологічних робітників».

$$1825383 \cdot 0,45 = 821422,3$$

Позавиробничі витрати=8% від статті «Основна заробітна плата технологічних робітників».

$$1825383 \cdot 0,08 = 86806$$

Таблиця 8.4 – Планова калькуляція собівартості річного обсягу виробництва продукції

Найменування статей витрат	Одиниця виміру	Кількість на річну програму	Ціна за одиницю, грн	Витрати на річну програму	Примітки
1. Сировина та матеріали					
1.1. смола БС-40	кг	30396	26	790296	грн
1.2. НзРО ₄	кг	10638	102	1085076	грн
2. Паливо та енергія на технологічні цілі (енергоносії)				20675	грн
3. Основна заробітна плата технологічних робітників				1825383	грн
4. Додаткова заробітна плата технологічний робітників				985707	грн
5. Єдиний соціальний внесок				618484	грн
6. Утримання та експлуатація устаткування				2738074	грн
7. Загальновиробничі витрати				2099190	грн
8. Загальногосподарські витрати				1193583	грн
9. Витрати на підготовку та освоєння виробництва				488284	грн
10. Позавиробничі витрати				86806	грн
Повна собівартість річної програми				11931558	грн

8.2 Розрахунок показників економічної ефективності

Технологічну трудомісткість (t) у нормо-годинах можна розрахувати за формулою [7]:

$$t = \frac{\chi_{oc} \cdot \Phi_{ef}^{пл}}{G} \quad (8.7)$$

де χ_{oc} – загальна чисельність основних (технологічних) робітників, осіб;

					ФЛ61.61103.1110.0000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		60

$\Phi_{\text{еф}}^{\text{пл}}$ – плановий ефективний фонд робочого часу одного працівника за рік, год.;

G – річний обсяг (програма) випуску продукції.

$$t = \frac{31 \cdot 1840}{8000} = 7,13 \text{ н*год/т.}$$

Капіталомісткість визначається за формулою [7]:

$$K_G = \frac{K_{\text{заг}}}{G} \quad (8.8)$$

де $K_{\text{заг}}$ – загальні витрати на будівництво, грн;

G – річний обсяг (програма) випуску продукції, т/рік.

$$K_G = \frac{3814560}{8000} = 476,82$$

Період окупності капітальних витрат визначається за формулою:

$$П_{\text{ок}} = \frac{K_{\text{заг}}}{ГП_p} < П_{\text{ок}}^{\text{н}} \quad (8.9)$$

де $ГП_p$ – річна сума грошового потоку, грн;

$П_{\text{ок}}^{\text{н}}$ – нормативний період окупності, років.

$$ГП_p = 0,82 \cdot (Ц - C_{\text{п}}) \cdot G + \sum A ,$$

де 0,82 – коефіцієнт, який враховує частку чистого прибутку у валовому прибутку;

$Ц$ – ринкова ціна одиниці продукції, грн;

$C_{\text{п}}$ – повна собівартість одиниці продукції, грн;

$\sum A$ – загальна річна сума амортизаційних відрахувань, грн.

$$ГП_p = 0,82 \cdot (1640 - 1491) \cdot 8000 + 1134594 = 212034 \text{ грн}$$

$$П_{\text{ок}} = \frac{3814560}{212034} = 1,7 \text{ роки}$$

					ФЛ61.61103.1110.0000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		61

Таблиця 8.2 – Порівняльні техніко-економічні показники спроектованого об'єкта

Найменування показників	Одиниця виміру	Значення по варіантам
		Спроектований
1. Річний плановий обсяг виробництва продукції (G)	т, шт	8000
2. Загальна площа цеху (дільниці)	м ²	432
3. Виробнича площа цеху (дільниці)	м ²	350
4. Капіталомісткість продукції (K _G)	$\frac{\text{грн}}{\text{т}} \left(\frac{\text{грн}}{\text{шт}} \right)$	476,82
5. Загальна чисельність у тому числі: основний (технологічний) персонал допоміжний (технологічний) персонал управлінський та обслуговуючий персонал	осіб	49
6. Загальний річний фонд заробітної плати	грн	22019266,7
7. Середньомісячна заробітна плата одного працівника	грн	31100
8. Річний виробіток на одного працівника (продуктивність праці)	$\frac{\text{т}}{\text{особу}} \left(\frac{\text{шт}}{\text{особу}} \right)$	163,2
9. Технологічна трудомісткість продукції (t)	$\frac{\text{нормо} - \text{годин}}{\text{т (шт)}}$	7,13
10. Цехова собівартість одиниці продукції	$\frac{\text{грн}}{\text{т (шт)}}$	1491
7. Період окупності (П _{ок})	років	1,7

9 ОХОРОНА ПРАЦІ

Метою розділу охорони праці є створення безпечних умов праці на робочих місцях, зменшення або нейтралізація дій небезпечних і шкідливих виробничих факторів на організм людини, зниження травматизму та професійних захворювань. На даному етапі розглядаються основні положення охорони праці при роботі в стрижневому відділенні.

9.1 Загальна характеристика умов праці в стрижневому відділенні

Обладнання і оснащення приміщення наведено в табл. 9.1.

Таблиця 9.1 – Параметри стрижневого відділення

№	Найменування	Основні характеристики	Кількість
1	Параметри приміщення	18x24x12,5 м; S=432 м ² ; V=5400 м ³	-
2	Кількість працівників	Стрижнювальник	3
3	Штучне освітлення	Люмінесцентна лампа Osram 36 Вт G13 4000 К 220 В Т8	20

Таблиця 9.2 – Обладнання стрижневого відділення

№	Назва	Характеристики	Кількість	Позиція на рис.
1	Бункер	прямокутний 1800x3000 матеріал сталь	3	1
2	Піскодувна стрижнева машина 287	габаритні розміри 1595x1130x2500 тиск стисненого повітря 6-7 кг/см ²	2	2
3	Проміжний конвеєр	тип конвеєра стрічковий довжина 6000 мм ширина 500 мм	2	3
7	Мостовий кран	Вантажопідйомність 5т	1	7
8	Вібраційний стіл ВС2500	габарити 2160x1750x857 потужність електродвигуна 1,1 кВт Тип вібратора електромеханічний	1	8

					ФЛ61.61013.1110.0000 ПЗ					
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата	ОХОРОНА ПРАЦІ			Літ.	Аркуш	Аркушів
Розроб.		Осняков І.В.								
Перевір.		Гурія І.М.							63	74
								КПІ ім. Ігоря Сікорського		
Н. Контр.		Федоров Г.Є.								
Затв.										

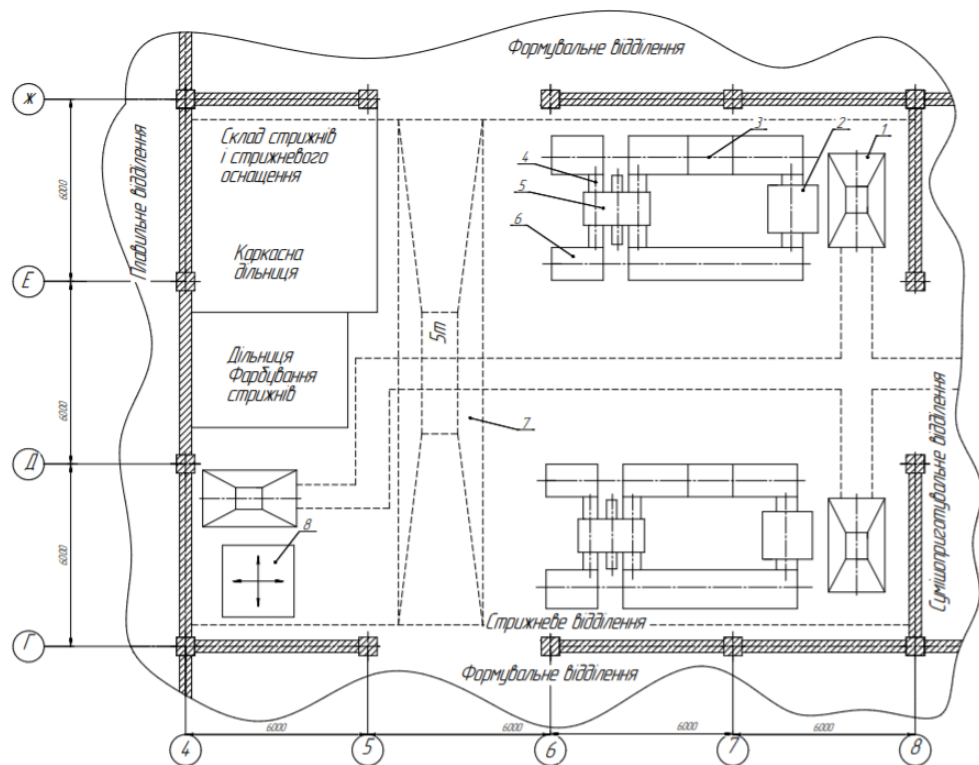


Рисунок 1.1 – План стрижневого відділення

Таблиця 9.3 – Реальні та нормативні характеристики приміщення і розміщення технологічного обладнання

№	Параметр приміщення	Реальне значення	Нормативні значення
1	Площа на 1 працюючого	144 м ²	4,5 м ²
2.	Об'єм на 1 працюючого	1800 м ³	15 м ³
3.	Мінімальна ширина проходу	6 м	1,5 м

9.2 Оцінка умов праці

Таблиця 9.3 – Основні небезпеки, які створюються в технологічному процесі

Види процесів	Шкідливі виробничі фактори									Небезпечні виробничі фактори				
	Шкідливі речовини	Випромінювання в оптичному діапазоні			Електромагнітні поля	Магнітні поля	Іонізуючі випромінювання	Шум	Ультразвук	Статичне	Електричний струм	Іскри, бризки і викиди розплавленого металу	Механізми і вироби, що рухаються	Системи, які знаходяться під
		Ультрафіолетове	Видиме	Інфрачервоне										
виготовлення стрижнів на піскодувній машині	xx	-	-	-	-	-	-	xx	-	-	xx	-	xx	xx
виготовлення стрижнів на вібростолі	xx	-	-	-	-	-	-	xx	-	-	xx	-	xx	-

9.2.1 Механізми і вироби, що рухаються. Вібрація та шум

Механічні небезпеки утворюються в наслідок наявності в конструкції рухомих частин або частин, що обертаються; вузлів та елементів, що є джерелом шуму, вібрації, ультразвуку або інфразвуку; частин що знаходяться під надлишковим тиском або глибоким вакуумом; а також можливістю руйнування окремих деталей та елементів обладнання [8].

Таблиця 9.4 – Джерела небезпеки

№	Найменування обладнання (оснащення)	Джерело небезпеки	Причини небезпеки	Наслідки небезпеки
1	Піскодувна стрижнева машина 287	механізм дуття	високий тиск	ризик отримання травми
			шум	ризик виникнення професійної хвороби
		стіл машини	рух стола	ризик отримання травми
2	Вібраційний стіл	електромеханічний вібратор	вібрація	ризик виникнення професійної хвороби

Таблиця 9.5 – Реальні та нормативні фактори небезпеки які створюються у в технологічному процесі

№	Фактор небезпеки	Реальне значення	Нормативне значення
1	Рівень шуму	85 дБА	55 дБА
2	Рівень вібрації	120 ГЦ	80 ГЦ

Для покращення роботи в приміщенні були наведені засоби та заходи в табл. 9.6

9.2.2 Хімічна небезпека

В таблиці 9.7 представленні джерела хімічної небезпеки, причини та їх наслідки.

Таблиця 9.6 – Заходи забезпечення охорони праці

№ п.п.	Група номенклатурних заходів з охорони праці	Вид заходу	Критерій вибору
1	Технічні заходи	встановлення захисних екранів та корпусів та кожухів	уникнення контакту працівника з механізмом
			зменшення рівню шуму
		віброізоляція	перешкоджання передаванню вібрації від механізму до людини
		встановлення машини на фундамент	гасіння вібрацій за рахунок масивного фундаменту
2	Режимні	Перевірка несправностей тільки у відключеному стані;	уникнення контакту з рухомими механізмами
		недопущення появи сторонніх осіб на об'єкті	унеможливити доступ не кваліфікованих працівників до обладнання
5	Експлуатаційні	Своєчасна заміна будь-яких пошкоджених елементів	Забезпечення безпечної роботи з об'єктом

Таблиця 9.7 – Джерела небезпеки

№	Джерело небезпеки	Причини небезпеки	Наслідок
1	стрижнева суміш	Вдихання пилу	Ризик виникнення ряду хвороби та алергій

Таблиця 9.8 – Реальні та нормативні фактори небезпеки які створюються у в технологічному процесі

№	Фактор небезпеки	Реальне значення	Нормативне значення
1	Запилення приміщення	20	1 мг/ м ³

Для покращення повітря робочої зони в приміщенні були наведені засоби та заходи в табл. 9.9.

Таблиця 9.9 – Засоби та заходи захисту від пилу

№	Група номенклатурних заходів з охорони праці	Вид заходу	Критерій вибору
1	Технічні заходи	встановлення вентиляції	зменшення концентрації пилу в приміщенні
2	Організаційні заходи	проведення медичних оглядів працівників	своєчасне виявлення ранніх стадій захворювання
5	Засоби індивідуального захисту	використання респіраторів	захист дихальних шляхів від пилу

9.2.3. Електробезпека

В табл. 9.10 представленні джерела електробезпеки, причини та їх наслідки.

Таблиця 9.10 – Небезпека ураження електричним струмом

№	Джерело небезпеки	Причини небезпеки	Наслідок
1	блок живлення піскодуючої машини	Пошкодження блоку живлення, кабеля живлення	ураження електричним струмом
2	блок живлення вібростола	Пошкодження блоку живлення, кабеля живлення	ураження електричним струмом

Порівняння реальних і нормативних значень (відповідно до ПУЕ) наведено в табл. 9.11

Таблиця 9.11 – Реальні та нормативні фактори небезпеки

№	Фактор небезпеки	Реальне значення	Нормативні значення
1	Максимальний струм	>1 А	0,25 мА
		220 В	4 В

Для зменшення ризику отримання електротравм в табл. 9.12 наведено заходи захисту.

Таблиця 9.12 – Засоби захисту від електротравм

№	Група номенклатурних заходів з ОП	Вид заходу	Критерій вибору
1	Технічні	- захисні заземлення (наземні комунікації); - захисне розділення електромереж;	Уникнення пробою, витоків струму, уникнення контакту зі струмопровідними частинами
2	Організаційні	- інструктаж з правил електробезпеки; - підтримка сухого, незапиленого приміщення з вологістю не вище 75%	Доступність знань щодо безпеки експлуатації
3	Режимні	Перевірка несправностей тільки у відключеному стані;	Уникнення контакту з елементами під напругою
4	Експлуатаційні заходи	Своєчасна заміна будь-яких пошкоджених елементів	Забезпечення безпечної роботи з об'єктом

9.3 Висновки до розділу

У даному розділі дипломної роботи розглянуто стрижневе відділення, що розраховане на 3 людини.

Було здійснено аналіз потенційних небезпечних і шкідливих виробничих факторів на робочих місцях, що створюються під час експлуатації технічного обладнання.

Приміщення не відповідає всім нормам, тому було запропоновано засоби та заходи. Працівники повинні пройти інструктаж з техніки безпеки для запобігання травматизму під час роботи з обладнанням.

ВИСНОВКИ

У ході виконання дипломного проекту було:

- проведено аналіз виробничої програми та визначено фонди часу роботи працівників та устаткування;
- розроблено технологію виготовлення виливка «Кришка» із сірого чавуну марки СЧ30, а саме: розроблено технологію виготовлення виливка, розроблено креслення технології виливка, модельного оснащення, форми у складеному вигляді, обрано устаткування для виготовлення форм і стрижня, розраховано техніко-економічні показники;
- проведено організацію роботи стрижневого відділення ливарного цеху, розроблено креслення плану стрижневого відділення, розроблено креслення стрижневого устаткування, розрахована необхідна кількість стрижневого устаткування;
- виконано розрахунки техніко-економічних показників;
- запропоновано заходи що до охорони праці.

					ФЛ61.61103.1110.0000 ПЗ			
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата				
Розроб.		Осняков І.В.			ВИСНОВКИ		Літ.	Аркуш
Перевір.		Гурія І.М.						Аркушів
							69	74
Н. Контр.		Федоров Г.Є.					КПІ ім. Ігоря Сікорського	
Затв.								

ПЕРЕЛІК ПОСИЛАНЬ

1. Проектування ливарних цехів. Ч.1: підручник / Г. Є. Федоров, М. М. Ямшинський, В. Г. Могилатенко та ін.. — К. : НТУУ «КПІ», 2011. — 588 с.
2. Методичні вказівки до виконання практичних занять і самостійної роботи з дисципліни «Проектування ливарних цехів» /Уклад.: Г.Є. Федоров. — Київ НТУУ «КПІ», 2013. — 83с.;
3. Литейные формовочные материалы формовочные, стержневые смеси и покрытия. Справочник / А.Н. Болдин, С.С. Жуковский, Т.Н. Кирюхина [и др.]. — М.: Машиностроение — 2006. — 506с.
4. Теория и технология литейного производства Ч.2 / Д.М. Кукуй, В.А. Скворцов, Н.В. Андрианов. — М: Новое знание, 2011. — 403с.
5. Литейные машины / А.И. Волкомич, А.П. Лакшин, Д.Л. Хазин — М: Машгиз, 1959. — 464 с.
6. Технологическое оборудование литейных цехов / Ю. И. Категоренко, М. В. Ведерников, В. В. Сапронов. — Екатеринбург, РГППУ, 2018. — 454с.
7. Методичні вказівки до розрахунку дипломного проекту / Нараєвський С.В. — НТУУ «КПІ», 2017. — 12 с.
8. Розділ з охорони праці в дипломних проектах: Навчальний посібник / Левченко О. Г., Демчук Г.В. — Київ КПІ ім. Ігоря Сікорського, 2019. — 17с.

					ФЛ61.61013.1110.0000 ПЗ			
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата				
Розроб.		Осняков І.В.			ПЕРЕЛІК ПОСИЛАНЬ		Літ.	Аркуш
Перевір.		Гурія І.М.						Аркушів
Н. Контр.		Федоров Г.Є.					70	74
Затв.							КПІ ім. Ігоря Сікорського	

[illegible]

[illegible]

Формат	Зона	Позиція	Позначення	Найменування	Кіл.	Примітка
				<u>Документація</u>		
A1			ФЛ61.61103.1110.0004.ДП	Форма в складеному вигляді		
				<u>Стандартні вироби</u>		
		1	ФЛ61.61103.1110.0004.001	Опока нижня	1	
				ГОСТ 5018-69		
		2	ФЛ61.61103.1110.0004.002	Втулка центрувальна	2	
				ГОСТ 20162-76		
		3	ФЛ61.61103.1110.0004.003	Опока верхня	1	
				ГОСТ 5018-69		
		4	ФЛ61.61103.1110.0004.004	Штир центрувальний	1	
				ГОСТ 22965-78	1	
		6	ФЛ61.61103.1110.0004.006	Чаша-нарощалка		
		7	ФЛ61.61103.1110.0004.007	Штир напрямний	1	
				ГОСТ 22965-78		
		8	ФЛ61.61103.1110.0004.008	Втулка напрямна	2	
				ГОСТ 20162-76		
				<u>Інші вироби</u>		
		5	ФЛ61.61103.1110.0004.005	Стрижень №1	1	

					ФЛ61.61103.1110.0004 ПЗ				
Зм	Арк	№ докум.	Підпис	Дата	ФОРМА В СКЛАДЕНОМУ ВИГЛЯДІ		Літ.	Аркуш	Аркушів
Розроб.							н	73	74
Перев.	Гурія І.М.						КПІ ім. Ігоря Сікорського		
Н.контр	Федоров Г.Є.								
Затв.									

Формат	Зона	Позиція	Позначення	Найменування	Кіл.	Примітка
				<u>Документація</u>		
A1			ФЛ61.61103.1110.0005.ДП	Піскодувна стрижнева		
				машина 287		
				<u>Складальні одиниці</u>		
		1	ФЛ61.61103.1110.0005.001	Клапан керування	1	
		2	ФЛ61.61103.1110.0005.002	Вібратор	1	
		3	ФЛ61.61103.1110.0005.003	Механізм затиску	1	
		4	ФЛ61.61103.1110.0005.004	Нерухомий упор	1	
		5	ФЛ61.61103.1110.0005.005	Задній рухомий упор	1	
		6	ФЛ61.61103.1110.0005.006	Стійка	1	
		7	ФЛ61.61103.1110.0005.007	Стакан	1	
		8	ФЛ61.61103.1110.0005.008	Стійка	1	
		9	ФЛ61.61103.1110.0005.009	Корпус	1	
		10	ФЛ61.61103.1110.0005.010	Стіл	1	
		11	ФЛ61.61103.1110.0005.011	Стрижень поршня	1	
		12	ФЛ61.61103.1110.0005.012	Резервуар	1	
		13	ФЛ61.61103.1110.0005.013	Отвір корпусу	1	
		14	ФЛ61.61103.1110.0005.014	Порожнина над поршнем	1	
		15	ФЛ61.61103.1110.0005.015	Бункер	1	
		16	ФЛ61.61103.1110.0005.016	Ролики рольганга	3	
		17	ФЛ61.61103.1110.0005.017	Пневматичний циліндр	1	
		18	ФЛ61.61103.1110.0005.018	Штовхач клапана	1	
Зм	Арк	№ докум.	Підпис	Дата	ФЛ61.61103.1110.0005 ПЗ Піскодувна стрижнева машина 287	
Розроб.		Осняков.І.В.				
Перев.		Гурія І.М.				
Н.контр		Федоров Г.Є.				
Затв.					Літ. Аркуш Аркушів н 74 74 КПП ім. Ігоря Сікорського	

